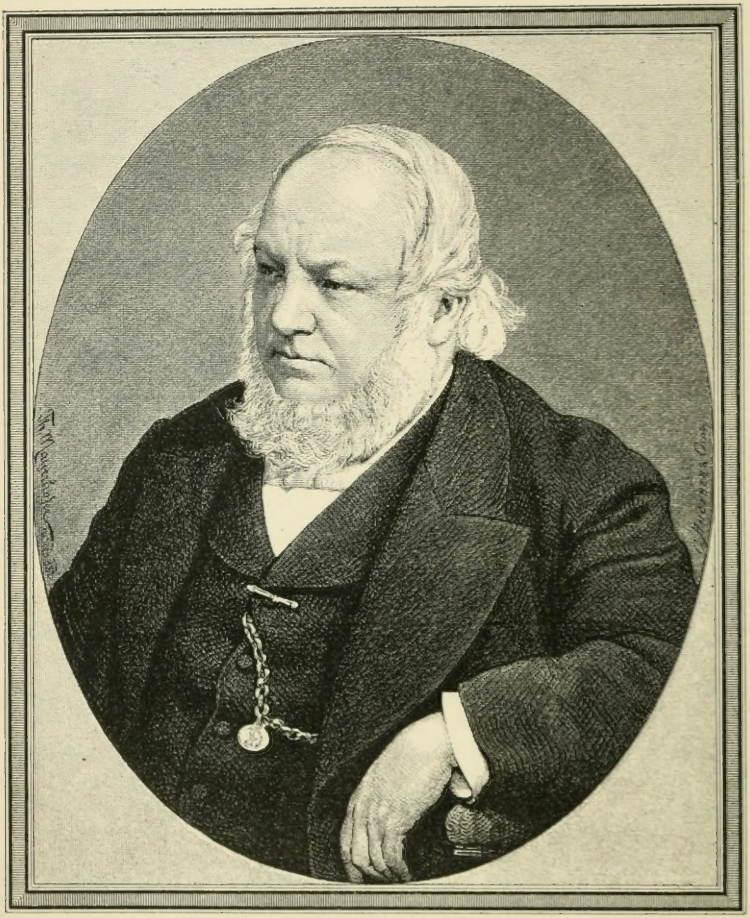
UNIVERSITY OF TORONTO
3 1761 00836126 3

Der Kreislauf des Lebens.

Von Jac. Moleschott.

UNIVERSITY
OF
TORONTO
LIBRARY

47768



Des Volkes Selbstwaltung ist seine Zauberkraft; wehe dem der daran rühret! —

Jac. Moleschott

Bi
M

Der

Kreislauf des Lebens.

Von

Jac. Moleschott.

Erster Band.

Fünfte vermehrte und gänzlich umgearbeitete Auflage.

88880
617/08

Gießen.
Verlag von Emil Roth.

Verfasser und Verleger halten sich das Recht der Uebersetzung dieses Buches vor.

QH
306
M65
1875
Bd. 1

Vorwort zur fünften Auflage.

Wenn ich hier in üblicher Weise meine Freude darüber ausdrücken wollte, daß mein Buch, obwohl vielfach gegen den Strom schwimmend, zum fünften Male einen Hafen erreicht, so wäre darin nur halbe Aufrichtigkeit enthalten. Ich hätte in der That noch länger am Ufer weilen mögen, um ungestört nach der Unruhe des Ringens an einem freien künstlerischen Gestalten desjenigen, was man vom Menschen und seinen nächsten Verwandten am sichersten weiß, meine Kräfte zu üben. Ja, ich hatte in diesem Wunsche von der hier auf's Neue erscheinenden Arbeit, als der Vergangenheit gehörend, schon mit muthiger Lebenslust Abschied genommen, als das Vertrauen des Verlegers und der Leser es anders entschied. Und, um mich des Vertrauens nicht allzu unwürdig zu erweisen, entschloß ich mich, statt neuen Wein in alte Schläuche zu gießen, den Schlauch, den die Polemik geliefert hatte, ganz aufzulösen, in der Hoffnung, daß der Saft, den er enthielt, trotzdem geklärt bestehen und nur freier sich er-

gießen möchte. Freilich sind es alte Leser, die mir dazu den Muth verleihen müssen, und, so viel an ihnen liegt, sind sie wohl vermögend dazu. Denn dieser und jener unter ihnen weiß es am besten, wie viel Selbstverläugnung dazu gehört, nur im Stillen ihrer Namen zu gedenken, wenn ich mich hier des Bekenntnisses erinnere, daß sie aus meiner Darstellung vom Kreislauf des Lebens einen guten Theil der Anregung geschöpft, die ihre Lust erweckte, mit jugendlichem Forscherſinn die naturwissenschaftliche Laufbahn zu betreten. Möge mein erneuter Versuch in harmloserer Form nicht weniger empfängliche Leser finden.

Rom.

Jac. Moleschott.

Vorwort zur ersten Auflage.

Nachstehende Blätter übergeben dem deutschen Volke einen Versuch, der sich zu meiner Physiologie des Stoffwechsels für Naturforscher, Landwirthe und Aerzte nicht unähnlich verhält, wie die Lehre der Nahrungsmittel für das Volk zur Physiologie der Nahrungsmittel, welche den Fachmännern einen Leitfaden zu einer vernünftigen Diätetik in die Hand zu legen strebte.

Was indeß diese Blätter von meiner Lehre der Nahrungsmittel wesentlich unterscheidet, ist die freiere Form, durch die es mir gestattet war, eine Gedankenreihe, unbekümmert um die Vollständigkeit eines Lehrbegriffs, tiefer und, wenn ich nicht irre, anregender zu entwickeln, als es die straffere Gliederung des Ganzen und die unmittelbare Beziehung auf tief einschneidende Lebensfragen in der Lehre der Nahrungsmittel erlaubten.

In allen Fragen, die nicht aus dem täglichen Lebensbedürfniß entspringen, ist Anregung des Volks durch die allgemeine Gedankenentwicklung, die uns zu Menschen macht, ein viel näheres und vielleicht richtigeres Ziel

als erschöpfende Belehrung. Es war mein Streben, zu zeigen, wie solche Gedankenentwicklungen nur dann Leben haben, wenn sie durch das Bild der Thatsachen eine feste, verkörperte Gestalt annehmen. Möchte es mir gelungen sein, es in anregender Weise zu thun. Denn, daß ich es ehrlich ausspreche, ich wollte auch hier mein Scherflein beitragen, um inhaltlose Satzungen einer willkürlichen Ueberlieferung durch chemische Wagen, durch Luftpumpen und Vergrößerungsgläser vom Lehrstuhl zu verdrängen. Unsere Zustände werden sich nicht eher frei entfalten, bis wir schöpfen aus dem Born der Wirklichkeit, und dann sind wir gleich weit von den Geheimnissen der Kirche, wie von den Träumen derer, die sich Idealisten nennen und doch zu wenig vertraut sind mit dem Ursprung der Idee, um sie in dem offenen Wunder der in Stoff und Formen lebenden Natur zu schauen.

Heidelberg, 3. April 1852.

Jac. Moleschott.

1.

Offenbarung und Naturgesetz.

In dem Staate, der Kunst und der Natur kommen die Kämpfe, die das Mark unseres Lebens durchwühlen, deshalb langsam zur Entscheidung, weil sich an dem Widerstreit der Elemente nicht nur Gegensätze, sondern auch Vermittlungen und Halbheiten betheiligen. Weil solche Halbheiten zur Entwicklung gehören, sind sie offenbar nothwendig und berechtigt; sie sind geeignet, die Aufmerksamkeit des Forschers und Darstellers der Geschichte in hohem Grade in Anspruch zu nehmen.

Auf dem Gebiete des Staats sind jene Vermittlungen, die der Geschichtschreiber als Entwicklungsstufen nicht übersehen darf, gleich verhaßt für die beiden Machthaber der Menschheit. Die Regierungen des heutigen Tages stehen und fallen mit der Gnade Gottes. Das Volk kämpft für seine menschliche Einsicht. Volk und Regierung glauben beide nicht mehr an eine Versöhnung der Gnade mit der Einsicht, sie glauben beide weder an die Weisheit, noch an die Würde einer Partei,

welche die Gegensätze göttlicher Erleuchtung und menschlicher Freiheit zu einigen verspricht.

So weit sind viele Würdenträger der Kunst und der Wissenschaft noch nicht gekommen. Hier herrscht noch in weiten und fruchtbaren Gauen ein hoffendes oder ängstliches Verlangen, die Beobachtung der Sinne mit der unsinnlichen Eingebung zu verketten. Wir leben in einer Zeit, in der Könige und Priester mit Bürgern kämpfen um die Baustoffe, welche die Kunst und die Wissenschaft zur neuen Weltordnung zusammentragen. Zwischen den kämpfenden Parteien stehen diejenigen, die es mit beiden nicht verderben möchten.

Und dennoch sind sich die Offenbarung und die Erkenntniß mit freigegebenen, aber immerhin gegebenen Sinnen in dem Bereich der Wissenschaft ebenso schroff entgegengesetzt, wie im Leben des Staats. Wir müssen zwischen links und rechts dort so überzeugt wählen wie hier, wenn wir uns das Vertrauen sichern wollen, das überall nur einer unbedingten Folgerichtigkeit in Anschauungen und Grundsätzen gewährt wird.

Der Standpunkt der Offenbarung beginnt mit der Gnade Gottes. Diese Gnade findet ihren Ausdruck in den Wunderwerken der Natur, deren Schönheit die Güte des Weltenschöpfers verkörpern soll.

Auf diesem Standpunkt gilt die Welt als Offenbarung der Größe und Weisheit ihres Urhebers. Diese

Welt ist eine Bildungsanstalt des Menschen. Ihre Geschichte vervollkommnet den menschlichen Geist, der nicht lange zögert, sich selbst als ein verkleinertes Abbild der unergründlichen Weisheit zu betrachten.

Es ist ein ganz entsprechender Ausdruck dieser Anschauung, daß die Weisheit des Schöpfers alle Erzeugnisse der Natur zum Wohle des Menschen bestimmte. Wir brauchen nach einem obersten Grunde der Weltordnung nicht emsig zu suchen, denn alles was ist, wurde zum Besten, zur endlichen Beglückung der gläubig Vertrauenden im Voraus mit fürsorglicher Ueberlegung angeordnet.

Aus dieser Anschauung schöpfen Tausende von Gemüthern die Inbrunst des Gebets. Der Weg der Offenbarung führt zum Beten, nicht zum Forschen, denn die Weisheit der Vorsehung ist „unergründlich".

Soweit liegt die strengste Folgerichtigkeit in einem Kreise von Vorstellungen, welche Heiden und Christen, wenn auch unter verschiedenen Formen, gemein waren. Die Heiden richteten ihre Gebete nicht an rohe Naturgewalten, sie beteten zu fürsorglich waltenden Ursachen. Jede unerforschte Naturkraft war ein Gott oder ein Dämon, der sich durch Opfer und Gebet gewinnen oder sühnen ließ.

Hier ist der Punkt, wo sich die Menschheit in zwei Klassen theilt. Der einen gilt die Naturkraft nicht nur für unerforscht, sondern für unerforschbar; der andern

gilt der Zweifel mehr als der Glaube, und indem sie unabläſſig das Werden belauſcht, hält ſie es für möglich, das Gewordene zu begreifen.

Auch die letzteren macht ein Glaube ſelig, nur iſt es ein Glaube, der geſchöpft, nicht eingegeben ward. Es iſt die Ueberzeugungsſeligkeit, die in dem Menſchen keimt, der ſich in tagtäglichem vertrauten Umgang mit der Natur befindet, der den Lenz nicht bloß mit liebender Bruſt, ſondern mit denkendem Hirn genießt, in der Blüthe die Frucht erwartet, im Weine den Sonnenſchein bedenkt und alles in ewig verkettetem Zuſammenhang erblickt.

Wer dieſen Zuſammenhang für den Ausdruck eines ſelbſtherrlichen Willens halten kann, der mag von einer Offenbarung die Einſicht in jene gewollte Weltordnung erwarten. Aber die Erforſchung des Geſetzes iſt ihm verſagt. Ihm iſt es nur gewährt, die Frucht der Erkenntniß zu koſten, um allſogleich aus dem Paradieſe des Lichts verwieſen zu werden. Denn die wollende Allmacht iſt die Verneinung der Naturnothwendigkeit, und wenn dieſe an jener ihre Grenze findet, dann iſt das Geſetz ſo ſicher aufgehoben, wie in jenen landesväterlich regierten Staaten, in welchen man von der Güte oder Gnade des Herrſchers erwartet, was nur die ungebeugte Einſicht des Volkes als unverbrüchliches Recht zu erringen vermag.

Darum ist es Bedürfniß der Kirche, nicht Wunder zu erklären, sondern Wunder auf Wunder zu häufen. Es ist ihr nicht genug damit, daß Christus Wasser in Wein verwandelt und Todte lebendig gemacht. Die vermeinte göttliche Eingebung der Evangelisten ist für die Kirche nur lückenhaftes Flickwerk. Sie ist erfinderisch genug, die Lücken auszufüllen. Aus der reinsten Sage einer jungfräulichen Geburt macht sie durch stoffliche Verdoppelung einen Glaubensartikel, sie setzt der Verklärung der reinsten Empfindung des Weibes ein grob zerreißliches Hingespinnst entgegen, das dazu gemacht scheint, die gähnende Kluft zwischen Gesetz und Willkür in ihrer ganzen Ausdehnung zu zeigen.

Dies war so folgerichtig, wie wir in Zukunft auch die unbefleckte Empfängniß der Mutter von Marias Mutter vernehmen müssen, oder wie aus der Unfehlbarkeit der kirchlichen Gemeinschaft zuletzt die persönliche Unfehlbarkeit des Kirchenfürsten folgen mußte.

Die Verwirrung beginnt erst bei denen, die für die Kenntniß der Naturnothwendigkeit der Offenbarung bedürfen, und hinwiederum die Bibel für ein Buch erklären, dessen Siegel zu lösen die Erkenntniß der Naturgesetze berufen ist.

Wenn wir uns aber ohne Kenntniß der Naturgesetze den Schöpfer nicht vorstellen können, wozu dient uns dann die Offenbarung? Und wenn wir die besten Wahr-

heiten nur einer höheren Erleuchtung verdanken können, einer Erleuchtung, deren unsere Sinne nicht fähig sein sollen, wozu dann noch die Erforschung von Naturgesetzen und Naturerscheinungen? Entweder hat Christus mit wenigen Broden und noch wenigeren Fischen Tausende von Hungrigen gesättigt, und dann steht die geoffenbarte Wahrheit über der natürlichen; oder aber wir können uns ohne die Kenntniß von Naturgesetzen die höchste Vorstellung nicht machen, und dann waren jene Tausende nicht hungrig. Die eine Annahme schließt unwiderruflich die andere aus.

Die Halbheit der Vermittlung führt den Unaufrichtigen zur Lüge, den Aufrichtigen zur vollendeten Unklarheit.

Oder ist es nicht unklar, wenn man dem Schöpfer gegenüber von Naturgesetzen spricht? Das Naturgesetz ist der strengste Ausdruck der Nothwendigkeit, aber die Nothwendigkeit widerstreitet der Schöpfung. Dann kann man auch den Schöpfer nicht aus dem Naturgesetz verstehen. Wer es aufrichtig zu thun glaubt, den hält eine große Anzahl von Menschen mit Recht für unklar.

Forschung und Glaube, beide Haupttriebe des Menschen suchen die Abhängigkeit des Einzelwesens, der Gattung, des Weltenlaufs zu erklären.

Allein der Standpunkt der Offenbarung unterscheidet sich von dem der Erkenntniß dadurch, daß jene eine

Wirkung mit einer Ursache in Verbindung bringt, die durch tausend und mehr andere unbekannte Zwischenglieder vermittelt wird. Je nach der Bildungsstufe wird die entfernte Ursache anders getauft, anders von Griechen und Römern als von Christen, anders von der Bibel als vom Naturforscher. Aber alle sind von dem gleichen rückschauenden Bedürfniß getrieben, von dem gleichen Abhängigkeitsgefühl, aus dem Schleiermacher und Feuerbach die Religion erklären. Nur der Forscher begnügt sich nicht mit der Offenbarung einer entfernten Ursache, von der er sich keine Vorstellung machen kann. Er sucht für jede Erscheinung die nächste Quelle, für jede Quelle einen Grund, weiter und weiter rückwärts, so lange die sinnliche Wahrnehmung reicht. Die Folgerichtigkeit von Ursache und Wirkung ist sein Gesetz, ein Gesetz, das er sich nicht vorschreiben läßt durch Offenbarung, sondern finden will durch Erkenntniß.

Forschung schließt also Offenbarung aus. Jede Vermittlung scheitert an den Widersprüchen, die es so vielen helldenkenden Menschen ermöglicht haben, aus dem Gebiet des Glaubens heraus zu gelangen, um in das Reich des Wissens einzudringen.

Es hieße Eulen nach Athen tragen, wenn man in dem Lande, in welchem Ludwig Feuerbach seine unsterbliche Kritik vom Wesen des Christenthums geschrieben hat, die Beispiele häufen wollte, um den un-

lösslichen Widerspruch zu bezeichnen, in welchem die Allmacht eines Weltenschöpfers mit Naturgesetzen steht. Und man kann nur entweder die erhabene Selbstverleugnung oder die seltsame Unklarheit von Naturforschern bewundern, die nicht müde werden, dort nach Maaß und Regel zu forschen, wo Eine Willensthat ihrer vorausgesetzten Allmacht den wankenden Gang der Erscheinungen plötzlich entfesseln kann von der nothwendigen Bedingtheit der Wirkungen durch Ursachen.

II.

Erkenntnißquellen des Menschen.

So lange die Naturkunde bei den Griechen nicht weiter gediehen war als zur Beobachtung dreier Zustände des Stoffs, die wir als fest, flüssig und luftförmig bezeichnen, lehrten griechische Weise das Bestehen von vier Elementen. Zu Erde, Luft und Wasser fügten sie das Feuer hinzu, welches die Macht hat, Eis in Wasser und Wasser in Dampf zu verwandeln.

Nachdem in der Scheidekunst der neueren Zeit der Begriff des Elements einen Körper bezeichnete, den unsere künstlichen Mittel nicht weiter in Stoffe von verschiedenen Eigenschaften zerlegen können, wuchs die Zahl der Elemente oder Grundstoffe. Vor wenigen Jahren lehrte man fünfzig, jetzt sechzig und mehr.

Aehnlich erging es der Zahl der Planeten, ähnlich geht es täglich der Zahl von Pflanzen und Thieren. Mit der Vermehrung beobachtender Menschen wächst die Zahl der Körper, der Grundstoffe, der Sterne, der Pflanzen und Thiere, die in das Bereich mensch-

licher Sinne fallen. Es ist seltsam, aber wahr, daß es wissenschaftlich gebildete Männer giebt, die es der Philosophie zum Vorwurf machen, daß sie den Mittelpunkt des jeweiligen Kreises bekannter Thatsachen zum Standort wählte, um das Licht allgemeiner Gedanken zu entzünden, daß ihr Licht nicht weiter reichte als der Strahl jenes Kreises.

Seltsam ist der Vorwurf besonders deshalb, weil er von einer Schule ausgeht, die sich mit Vorliebe die geschichtliche nennt. Als wenn es nicht so natürlich wäre, wie es nothwendig ist, daß die Philosophie nichts weiter darstellt, als den geistigen Ausdruck der jedesmaligen Summe von Beobachtungen, die der sinnliche Mensch errungen hat. Natürlich aber und nothwendig ist dies, weil die Geschichte eines jeden Jahrhunderts es eindringlich lehrt.

Und warum wird jene Rüge so häufig gegen die Philosophie ausgesprochen? Aus keinem anderen Grunde, als weil es noch immer Gelehrte giebt, die Philosophie und Wissenschaft trennen.

Jedermann weiß, wie bald die Menschheit jenem klassisch goldnen Zeitalter entwuchs, in dem das tiefste Denken mit dem reichsten Wissen unzertrennlich verknüpft war. Denn Philosophiren heißt Denken, und Wissen heißt Thatsachen kennen auf den Gebieten der Natur, der Kunst und des Staats. Es ist nur einmal

da gewesen, das Beispiel des Aristoteles, der dem Naturforscher eine Fundgrube, der Kunst Gesetze, dem Staate Weisheit gab. Aristoteles vermochte es, weil er zugleich Thiere, Kunstwerke und Menschen aus eigener Anschauung kannte und seine Anschauung zu Gedanken verarbeitet hat.

Nachher war die Philosophie so lange die Magd der Wahrnehmungen von Priestern und Zauberlehrlingen, daß wir uns nicht wundern dürfen, wenn man auch umgekehrt die Erfahrung in ein dienendes Verhältniß zur Philosophie hat zwängen wollen.

Eben dieses Zerfallen zweier Richtungen, die nur durch ihre Vereinigung das Bedürfniß gereifter Menschen befriedigen, erklärt die sonst so widersinnige Klage, daß die Philosphie nicht über ihren Schatten springen könne.

Als man besonders im Mittelalter die frische Sinnlichkeit verließ, um des vereinzelten Verstandes Irrwahn zu erschöpfen, da verkrüppelten die Sinne und das Denken. Der Vernunft gebot die Strenge des kirchlichen Ansehens oder die Willkür des schulmeisterlichen Spiels, und es verkündigte schon ein Gesunden der erkrankten Sinne, als man stolz der nüchternen Ueberlieferung der Alten den Rücken kehrte, um sich mit der Wärme neu keimender Fruchtbarkeit geheimen Verwandtschaften zwischen der offenbarenden Natur und dem Gefühlsleben der Menschen hinzugeben.

„Die Augen, die an der Erfahrenheit Lust haben, die seien die rechten Professoren", sagt Paracelsus, und er sprach das Losungswort der Zeit, die, den großen Brüsseler Zergliederer Vesal als ihren Luther preisend, des Menschen Herz und Nieren prüft.

Aber der Weg der Erfahrenheit ist lang, und wir wissen nicht, wie weit er schon zurückgelegt ist. Wir dürfen uns nicht allzusehr verwundern, daß seine Wanderer oft sich sträuben gegen den unerfahrenen Idealisten, der ihm die Leuchte der Thatsachen beschattet.

Nur ist es ebenso natürlich, daß sich die Philosophie auf eine Zeit lang aus dem Strom der ungeläuterten Erfahrung zu retten suchte, um mit einem gegebenen Schatze von Wahrnehmungen den Versuch zu wagen, die Gesetze des Denkens für sich zu bestimmen.

So entstanden Alchemie und Astrologie und eine Arzneikunst, die in Jahrtausenden wohl allerlei Zeichen und Heilmittel, aber kaum ein einziges Gesetz zu Tage gefördert hat. So entstand die Logik als ein Formular von Schulweisheit, das die strebsamsten Köpfe als einen dornigen Umweg zu ihrer Entwicklung erkennen.

Wohl uns, wenn der Streit mit diesem Ausspruch gelöst wäre, wenn ich einfach sagen dürfte, daß das Verständniß der Entzweiung allgemein und deshalb die Versöhnung gesichert sei.

Zahlreiche Forscher einer Neuzeit, zu welcher Vesal

und Luther nur die Schwelle bauten, und die sich seit dem Ende des vorigen Jahrhunderts mit langen Ruhezeiten im Kampfe übt, trennen die Philosophie von der Erfahrung, weil sie an angeborene Anschauungen glauben.

Seit Kant hat man sich darin gefallen, die Mathematik als eine reine Wissenschaft zu betrachten. Die Mathematik wäre von vornherein eine Bethätigung des menschlichen Denkens, unabhängig von der Erfahrung.

Lehrt man es doch den Kindern, daß sie den höchsten Gipfel des von den Sinnen befreiten Denkens ersteigen können, wenn sie von einigen Vordersätzen ausgehen wollen, die als Eigenschaften ihres Verstandes mit auf die Welt gebracht würden und nur der geweckten Erinnerung bedürften.

Solche Vordersätze nennt der Mathematiker Axiome, und er überzeugt Kinder und Männer, wenn er ihnen Sätze vorhält, wie da sind, daß das Ganze größer sei als ein Theil, und das Ganze gleich der Summe seiner Theile. Und doch weiß dies kein Kind, das es nicht hundertmal gesehen hat, wie ein Apfel verschwindet, wenn man ihn in vier Stücke zerschneidet und diese Stücke an vier Gespielen vertheilt.

Raum und Zeit sind nichts weniger als unsinnliche Vorstellungen. Kant sagt, es seien Anschauungen, die der Sinnlichkeit angehören. Er sagt damit zu wenig. Raum und Zeit gehören nicht bloß der Sinn-

lichkeit an und sind nicht bloße Anschauungen. Raum und Zeit sind Begriffe, aber Begriffe, welche ohne die sinnliche Wahrnehmung des Nebeneinander und Nacheinander nimmermehr gefunden wären. Ja, die Wahrnehmung einer räumlichen Veränderung mußte der Anschauung eines zeitlichen Unterschieds vorausgehen. Als man die Bewegung des Sandes in der Sanduhr und die Schwingungen des Pendels zählte, da hatte man das Mittel gefunden, um die Zeit durch räumliche Veränderung zu messen. Umgekehrt maß man die Entfernung zweier Orte durch die Zeit, das heißt aber immer wieder durch die sinnliche Wahrnehmung der Bewegung am Zeiger einer Uhr, am Schatten oder am Sande. Aller dieser sinnlichen Wahrnehmungen bedurfte es, um sich zu den Begriffen von Raum und Zeit erheben zu können.

Es ist in unserm Verstande nichts, was nicht eingegangen wäre durch das Thor unsrer Sinne.

Wer sich recht lebhaft in die Zeit der Kinderjahre zurückversetzen kann, begegnet leicht einer Entwicklungsstufe, die durch eine Sehnsucht nach dem Denken ausgezeichnet war. Der Knabe reift zum Jüngling. Aug' und Ohr haschen immer begieriger nach dem neuen Stoff, der noch allerwärts der Erde ihren frischesten Zauber verleiht. Aber das Denken, von dem man begeistert reden hört, will sich nicht einstellen. Der

Knabe glaubt, er habe keine Gedanken, weil er das Denken für etwas ganz Besonderes hält, weil er noch nicht weiß, daß jede Verarbeitung einer sinnlichen Wahrnehmung ein Gedanke ist, der ihn zum Denker übt. Freilich kommt der Heißhunger nach dem Denken nicht bloß von dieser Unwissenheit. Die Gedanken scheinen uns arm in jener Zeit der Entwicklung, weil die Fülle der Thatsachen fehlt, aus denen die Idee gezeugt wird.

Und alle Thatsachen, jede Beobachtung einer Blume, eines Käfers, die Entdeckung einer Welt und das Belauschen der Eigenheiten des Menschen, was ergeben sie denn anders, als Verhältnisse der Gegenstände zu unsern Sinnen? Wenn ein Räderthier ein Auge besitzt, das nur aus einer Hornhaut besteht, wird es nicht andere Bilder von den Gegenständen aufnehmen, als die Spinne, die auch Linse und Glaskörper aufzuweisen hat? Darum ist das Wissen des Insekts, die Kenntniß der Wirkungen der Außenwelt für das Insekt auch eine andere als für den Menschen. Ueber die Kenntniß jener Beziehungen zu den Werkzeugen seiner Auffassung erhebt sich kein Mensch und kein Gott.

Also wissen wir freilich alles für uns, wir wissen, wie die Sonne scheint für uns, wie die Blume duftet für Menschen, wie die Schwingungen der Luft ein Menschenohr berühren. Man hat dies ein beschränktes Wissen genannt, ein menschliches Wissen, bedingt durch

die Sinne, ein Wissen, das den Baum nur beobachtet, wie er für uns ist. Das ist wenig, hieß es, man muß wissen, wie der Baum an sich ist, um nicht länger zu wähnen, er sei so, wie er uns scheint.

Wo aber ist denn der Baum an sich, den man suchte? Setzt nicht jedes Wissen einen Wissenden voraus, also ein Verhältniß von dem Gegenstande zum Beobachter? Der Beobachter sei Wurm, Käfer, Mensch, wenn es Engel giebt, er sei ein Engel. Wenn Beide sind, der Baum und der Mensch, so ist es für den Baum so nothwendig wie für den Menschen, daß er zu diesem in einer Beziehung steht, die sich eben kundgiebt durch den Eindruck auf das Auge. Ohne ein Verhältniß zu dem Auge, in das er seine Strahlen sendet, ist der Baum nicht da. Gerade durch dieses Verhältniß ist der Baum für sich.

Wenn ein solches Verhältniß sich für Wurm und Käfer wiederholt, so folgt daraus nicht, daß sich der Baum vervielfacht, sondern nur, um mathematisch zu reden, daß sich derselbe Baum durch verschiedene Formeln ausdrücken läßt, ähnlich wie sich die Fallhöhe bestimmen läßt durch eine Formel, in welcher das eine Mal das Quadrat der Fallzeit, das andere Mal das Quadrat der am Ende der Fallhöhe erreichten Geschwindigkeit vorkommt.*)

*) $s = \frac{g}{2} t^2$; $s = \frac{v^2}{2g}$.

Gesetzt die ganze Summe der Eindrücke, die der Baum auf den Menschen macht, wäre in Eine Formel zusammengedrängt, und ebenso die Gesammtheit der Beziehungen zwischen Käfer und Baum, zwischen Baum und Wurm, so würde man drei Werthe haben, die unter sich verschieden sind, weil, wenn wir den Baum zum Zähler des Verhältnisses machen, der Nenner veränderlich ist, aber jeder dieser Werthe hätte gleichen Bestand und ließe den Baum in seiner Einfachheit unangefochten, ähnlich wie das Kochsalz Kochsalz bleibt, obwohl es in Wasser löslich, in Oel dagegen unlöslich ist.

Könnte man aus der Schöpfung ein Gattungsglied wie Mensch oder Käfer streichen, so würde dadurch der Baum nicht aufgehoben. Man hätte nur in einem der bezeichneten Verhältnisse den Nenner gleich Null zu setzen, und es würde daraus allerdings hervorgehen, daß das Produkt des Verhältnisses mit dem ausgestrichenen Gattungswesen Null wäre*), mit andern Worten, daß auch der Baum für das ausgestrichene Gattungswesen verschwände. Der Baum bliebe immer Baum, durch die Verhältnisse, in denen er zu anderen Dingen steht. Nur vergesse man nicht, daß jene Streichung eines Gattungsgliedes eine ganz willkürliche Annahme wäre. Der einzelne Mensch kann wohl ein

*) $\frac{B}{0} = x$; $B = x \cdot 0 = 0$.

Auge zudrücken; die menschliche Gattung aber kann man sich nicht aufgehoben denken, ohne daß damit das Weltall und die in demselben gegebenen Beziehungen, also auch die Welt an sich eine Aenderung erlitten.

Kennten wir für alle Dinge und Wesen im Weltall die Gesammtheit aller Beziehungen, in denen sie zu jedem anderen stehen, so wäre die Summe aller Formeln, welche diese Beziehungen zusammenfaßten, dem Weltall gleich. Die Veränderlichkeit des Weltalls zugeben, heißt die Veränderlichkeit jener Beziehungen anerkennen. Aber auf jeder durch eine gewisse Dauer bezeichneten Entwicklungsstufe, und wäre sie noch so kurz, sind jene Beziehungen der Ausdruck wesenhafter Nothwendigkeit, und außer diesen Beziehungen hat der Dinge Wesen keinen Bestand.

Alles Sein ist ein Sein durch Eigenschaften. Aber es giebt keine Eigenschaft, die nicht bloß durch ein Verhältniß besteht.

Die Verhältnisse können mehr oder weniger eingeschränkt werden. So wie aber die Wesen und Dinge bestehen, läßt sich von keinem derselben ein Merkmal angeben, das nicht durch das Verhältniß zu einem anderen Ding oder Wesen gegeben ist. Und wollte die Einbildungskraft sich alle Dinge aufgehoben denken bis auf ein einziges, so würde sie eben an der Wirklichkeit scheitern.

Der Stahl ist hart im Gegensatz zur weichen Butter. Kaltes Eis kennt nur die warme Hand, grüne Bäume ein gesundes Auge.

Oder ist grün etwas Anderes als ein Verhältniß des Lichts zu unserm Auge? Und wenn es nichts Anderes ist, ist das grüne Blatt nicht für sich, eben deshalb, weil es für unser Auge grün ist?

Dann aber ist die Scheidewand durchbrochen zwischen dem Ding für uns und dem Ding an sich. Weil ein Gegenstand nur ist durch seine Beziehung zu anderen Gegenständen, zum Beispiel durch sein Verhältniß zum Beobachter, weil das Wissen vom Gegenstand aufgeht in der Kenntniß jener Beziehungen, so ist all unser Wissen ein gegenständliches Wissen.

Hierdurch wird nicht ausgeschlossen, daß der Eindruck auf die Sinne in Schein und Irrthum gehüllt sein kann. Wenn aber das unerfahrene Kind glaubt, daß der Mond mit Händen zu greifen sei, so wird dadurch das menschliche Wissen nicht berührt. Denn das menschliche Wissen ist nicht das Wissen eines Kindes, eines Mannes oder Weibes, es ist das Wissen der Menschheit.

Das menschliche Wissen ist nicht bei Aristoteles oder Galen, auch nicht bei Newton und Cuvier, es ist nicht im neunzehnten Jahrhundert. Durch keinen vereinzelten Zeitraum läßt sich das Wissen der Menschheit messen.

Warum? aus einem sehr einfachen Grunde. Zuerst entwickelt sich die Sinneskraft des Kindes. Das Kind lernt sehen und greifen. Aber ebenso die Gattung. Die Menschheit lernt erst Land und Luft mit einander vergleichen nach ihren rohesten Merkmalen; dann Thier und Thier, und Thier und Pflanze. Lange verweilt sie bei der äußeren Form. Sie ist glücklich zu wissen, wodurch sich Pferd und Esel sicher unterscheiden lassen, auch der größte Esel von dem kleinsten Pferde.

Bewaffnet sich das Auge, dann mißt der Mensch die Entfernung der Sterne, er mustert die feinsten Fasern und Bläschen seiner Eingeweide.

Kurz, die Entwicklung der Sinne ist die Grundlage für die Entwicklung des Wissens.

Wir besitzen gar treffliche Werke über die Geschichte von Schlachten und Staatsformen, genaue Tagebücher von Königen und herrliche Erörterungen über die Schöpfungen der Dichter. Aber den wichtigsten Beitrag zu einer Bildungsgeschichte des Menschen in der eingreifendsten Bedeutung des Wortes hat noch Niemand geliefert. Uns fehlt eine Entwicklungsgeschichte der Sinne und damit die Vorschule zu jeder ächten Bildungsgeschichte der Menschheit.

Die reichste Belohnung würde dem Schriftsteller zu Theil fallen, der vor allem die nöthige Kenntniß

der Natur mit einer markigen Gabe lichtvoller Darstellung verbindend, zu schildern vermöchte, wie das Fernrohr die Erde um ihre bevorzugte Stellung im Mittelpunkte des Weltalls brachte, wie das Mikroskop die Verwandtschaft zwischen Pflanzen, Thieren und Menschen aus der Verwandtschaft der Keime hergeleitet, wie die Wage die Unsterblichkeit des Stoffs bewiesen und die Wärme auf ein Maaß bewegender Kräfte zurückgeführt, wie eine elektrische Vorrichtung den Menschen als einen überall bedingten Ausfluß von Naturgesetzen erkennen lehrt, der mit Hülfe eines Prisma den Lichtstrahl zwingt, ihm die Mischungsbestandtheile ferner Welten zu verrathen.

Ich habe unwillkürlich gezeigt, warum uns die Entwicklungsgeschichte der Sinne fehlt. Sie muß uns fehlen, weil eben jetzt die Menschheit kräftiger als je die Thaten dieser Geschichte unternimmt. Und das Gewissen kommt erst nach der Handlung.

Nur sollte eben deshalb Niemand über Zersplitterung klagen. Wir leben in einer Zeit, in der die Fortschritte der Sinne auf dem Gebiet der Wissenschaft ebenso reißend sind, wie in dem Strom des Lebens. Wenn wir die Gedanken der Engländer über den Kanal her mit Blitzesschnelle durch die elektrischen Ströme des unterseeischen Telegraphen vernehmen, wenn der rastlose Verkehr auf unsern Schienenwegen alle

Beschränkungen der Presse und der Lehrfreiheit umgeht, alle Thorheit in dem verborgensten Erdenwinkel wie auf den Gipfeln der Erdenmacht aufdeckt, so hat der Naturforscher in dem Verhältniß des Lichts zu Krystallen eine Verfeinerung seiner Augen und Tastwerkzeuge gewonnen, welche in die Anordnung der feinsten Theilchen eines regelmäßigen Körpers ebenso tief eindringt, wie der prüfende elektrische Strom in das feine Getriebe der Nerven, durch welche die Menschen sich bewegen, empfinden und denken.

Die Vervollkommnung der Mittel zur Beobachtung und namentlich die der Meßwerkzeuge schafft geräuschlos in der Werkstatt des Naturforschers, während der Dampfwagen, der brausend und keuchend dahin rollt, auch den Unaufmerksamen belehren kann über die wachsende Macht von Aug' und Ohr, mit welcher der Mensch den Erdball umfaßt.

Vermehrung der Werkzeuge zu sinnlicher Wahrnehmung wirkt mindestens ebenso fruchtbar wie die der Vollendung immer näher rückende Steigerung ihrer Schärfe und Sicherheit. Wie kurz liegt die Zeit hinter uns, in welcher gute Mikroskope und genaue Wagen zum seltenen Besitz einzelner Bevorzugter gehörten, die häufig pochten auf den geheimen Schatz ihres Werkzeugs, durch das sie der Welt hochweise Orakel verkündigten, die Wenige prüften. Jetzt sind aller-

wärts Mikroskope in Thätigkeit; ein Beobachter in Amerika berichtigt, wenn ein Forscher in Europa fehlen sollte, und umgekehrt. Und wenn es allein in Deutschland fünfzig und mehr Chemiker gibt, die mittelst feiner Wagen denselben Körper, bei gleichen Wärmegraden getrocknet wägen, und ebenso die Bestandtheile, in welche sie den Stoff zerlegten, wenn heutzutage ebenso Viele die künstliche Verbindung von Stoffen zum Lieblingsgegenstand ihrer Forschungen erkoren, dann kann es nicht fehlen, daß uns wenige Jahre in der Erkenntniß der innern Zusammensetzung des Stoffs weiter bringen müssen, als es die kühnsten Denker verflossener Jahrhunderte zu ahnen sich getrauten.

Ist es denn Zersplitterung, wenn bei solcher Ausbildung der sinnlichen Wahrnehmungskraft die Thatsachen sich häufen, so daß der Einzelne nur zu oft vergeblich ringt, um des rastlosen Treibens in einer begrenzten Strecke Herr zu bleiben? Oder werden wir, ruhig wartend auf die einheitliche Idee, die alles Wissen von der Stufe der Kenntnisse zur Weisheit erhebt, der Zukunft entgegensehen, in welcher die riesigen Vorräthe an Baustoffen, die ein neues Geschlecht gesammelt, sich zum organischen Kunstwerk zusammenfügen?

Entwicklung der Sinne ist die Grundlage der Entwicklung des Verstandes der Menschheit.

Hat der Mensch alle Eigenschaften der Stoffe erforscht, die auf seine entwickelten Sinne einen Eindruck zu machen vermögen, dann hat er auch das Wesen der Dinge erfaßt. Damit erreicht er sein, d. h. der Menschheit absolutes Wissen. Ein anderes Wissen hat für den Menschen keinen Bestand.

Indem wir aus den Eigenschaften vieler Körper, aus den Merkmalen verschiedener Erscheinungen das Allgemeine herausfinden, gelangen wir zum Gesetz.

Nach früheren Vorstellungen einseitiger Weltweisen wäre das Gesetz ein Vordersatz des Verstandes, von dem die sinnliche Beobachtung ausgienge. Das Gesetz sollte ein freies Maaß sein, das der Geist mit Hülfe der Sinne den Erscheinungen anlegt. Man hat jedoch die Bestätigung mit der Auffindung des Gesetzes verwechselt.

So wie ich aus einer Reihe von Thatsachen das Gemeinsame herausgefunden, habe ich die Thatsachen in einen Gedanken, die Beziehungen zu den Sinnen in ein Verhältniß zum Hirn übersetzt. Das Merkmal eines Gedankens ist die Zeugungsfähigkeit aus dem menschlichen Hirn. Aber das zuerst Befruchtende ist die sinnliche Wahrnehmung. Wenn ich aus Einzelheiten den allgemeinen Gedanken herausgelesen habe, prüfe ich dessen Anspruch auf den Namen eines Gesetzes. Wenn jede folgende Beobachtung mit jenem Gedanken in

Einklang steht, dann ist das Gesetz gefunden. Ich gehe also häufig mit einem Gedanken an die Beobachtung neuer Thatsachen, ich prüfe das vermeintliche Gesetz durch den Versuch unter verschiedenen Bedingungen. Aber dem Gedanken, dem vermeintlichen Gesetze, lag immer vorher eine Reihe sinnlicher Wahrnehmungen zu Grunde.

So ist denn das Gesetz nur durch Erfahrung zu finden. Aber die Erklärung des Gesetzes, wird man sagen, sie ist doch eine reine That der Vernunft ohne alle Dazwischenkunft der Sinne. Mit nichten. Eine gute Erklärung führt nur die Erzählung weiter zurück. Die Erklärung ist richtig, wenn die eine Erzählung zur andern stimmt.

Wenn alle Gesetze erzählt sind, ohne daß Ein Widerspruch zurückbleibt, dann ist die Welt dem Menschen erklärt.

Hieraus ergiebt sich demnach ein für allemal, daß das Gesetz ein aus den sinnlichen Merkmalen abgeleiteter Gedanke ist. Das Gesetz ist nach Erfahrungen gedacht, gefunden, und deshalb ist es falsch, wenn die Gedankenspinner vom Gesetze aussagen, daß es „das Ganze construirt".

Wer solchem Ausspruch huldigt, steht auf dem mit Recht getadelten und oft verkannten Standpunkt der Naturphilosophen in der übeln Bedeutung des Worts. So lange das Gesetz die Welt baut, statt aus der Welt

hervorzuleuchten, so lange schlummert die Erkenntniß in dem dunklen Schooße einer Zeit, die das Denken der Erfahrung gegenüberstellt.

Unter den Forschern, die an diesen Gegensatz glauben, wähnen Einzelne, daß sie viel einräumen, wenn sie in die Behauptung einstimmen, daß die Philosophie der Hülfe der Erfahrung bedarf, und die Erfahrung hinwiederum nicht sein kann ohne das Denken.

Aber das ist wenig. Nur wenn die Thatsachen getragen sind von dem Gedanken, und wenn dem Gedanken kein anderes Recht eingeräumt wird, als das geschichtliche, das von der Beobachtung, von der Gnade der Sinne stammt, dann ist des Wissens Ruhm erbeutet. Nur wenn die Anschauung zugleich Gedanke ist, wenn der Verstand mit Bewußtsein schaut, dann ist der Gegensatz vernichtet zwischen Philosophie und Wissenschaft.

Kurz, nicht die gegenseitige Hülfeleistung begründet den neueren Bund zwischen Erfahrung und Weltweisheit. Die Erfahrung muß aufgehen in der Philosophie, die Philosophie in der Erfahrung.

Dann wird die Klage verstummen über das ameisenartige Sammeln der Handlanger, aber dann wird man auch nicht mehr den Gedanken, der überall im Stoffe lebt, als naturphilosophische Träumerei zu geißeln sich vermessen.

III.

Unsterblichkeit des Stoffs.

Am achten Mai des Jahres 1790 begann auf den Vorschlag Talleyrand's in Paris eine Arbeit, deren Einfluß von jedem kommenden Geschlechte höher geschätzt werden wird, weil sie die menschlichen Sinne mit einem Hülfsmittel der Untersuchung bereichert hat, das von keinem anderen übertroffen worden ist und in der Allgemeinheit der Anwendung von keinem anderen übertroffen werden kann.

Das Ende des vorigen Jahrhunderts beschenkte die Welt mit einer Gewichtseinheit, die auf so sicherer Grundlage ruht, daß selbst die Zerstörung aller jetzt vorhandenen Gewichte und Meßwerkzeuge uns in keine dauernde Verlegenheit setzen könnte.

Um diese Gewichtseinheit zu finden, hat man den zehnmillionsten Theil eines Viertels des Meridians der Erde gemessen. Dieses Längenmaaß ist der Meter.

Mit der Einheit des Maaßes war die Einheit des Gewichts gefunden. Ein Würfel reinen Wassers, dessen Kanten die Länge des zehnten Theils eines Meters

haben, wurde dem Gewicht als Einheit zu Grunde gelegt. Das Gewicht eines solchen Würfels von reinem Wasser nannte man ein Kilogramm.

Von der Sicherheit in Maaß und Gewicht hing die Ausbildung der Chemie, der Physik, der Physiologie in gleichem Grade ab. Maaß und Gewicht sind die strengsten Richter über alle Meinungen, die sich auf eine minder vollständige Beobachtung stützen.

Bevor Lavoisier sich jener treuen Führer bei der Erforschung des Vorgangs der Verbrennung bedient hatte, glaubte man, daß den brennbaren Körpern ein Feuergeist innewohne, dessen Vertreibung die Bedingung des Verbrennens abgeben sollte. Da wies Lavoisier nach, daß die Erzeugnisse der Verbrennung jedesmal schwerer sind als der Körper, der verbrannte. Wenn Holz verbrennt, dann entstehen Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Asche. Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Asche sind zusammengenommen schwerer als das Holz, und zwar genau um so viel schwerer, als das Gewicht eines Bestandtheils der Luft beträgt, mit dem sich das Holz bei der Verbrennung verbindet. Eine jede Verbrennung ist nichts Anderes, als eine Aufnahme von Sauerstoff. Das Gewicht des Sauerstoffs vergrößert das Gewicht des verbrennenden Körpers. Also müssen alle Körper durch Verbrennung schwerer werden.

Nur das Gewicht hat in Lavoisier's schöpferischer Hand diesen Nachweis geführt. Stahl's Feuergeist, der die brennbaren Körper vor der Verbrennung leichter machen sollte, war hierdurch unrettbar gestürzt.

Stahl's ältere Ansicht war kein Fehler des Denkens, ihr lag ein Mangel der Beobachtung zu Grunde. Der Begriff der negativen Schwere aber, der sich in die Bande der vervollkommneten Wahrnehmung schmiegen sollte, hatte von vornherein keine Lebenskraft. Ein Stoff, der durch seine Gegenwart leicht macht, war in Streit mit aller sinnlichen Auffassung des Menschen. Ein Feuergeist, der durch sein Entweichen das Gewicht eines Körpers vermehrt, wäre gleichbedeutend mit einer Kraft ohne Stoff, die sich im sinnlich frischen Leben niemals Geltung erworben.

Wenn man darüber klagt, daß die Heilkunde in ihrer Entwicklung allen anderen Naturwissenschaften nachsteht, so hat man nur in der fehlenden Anwendung von Maaß und Gewicht den Grund des Thatbestandes zu suchen. Freilich muß man erst den Stoff kennen, den man wägen soll. Hierzu mußten vor allen Dingen die Naturkundigen, Physiker und Chemiker, dem Arzt verhelfen. Tadel verdienen deshalb nur die vornehmen Forscher, die das Wirken der Heilkunde gering schätzen, während sie, zufrieden mit der Sicherheit ihrer Forschungen über Stein und Stahl, sich

nicht einlassen auf die Schwierigkeiten, die der lebende Körper dem Versuch entgegenstellt. Die Aerzte, welche die Fortschritte von Chemie und Physik nicht gewissenhaft benützen, sind freilich mehr Krankenwärter als Heilkundige; sie gehören nicht zur Wissenschaft und sind vor dem Richterstuhl der Forschung nicht zurechnungsfähig. Die Heilkunde aber hat von jeher eher den Tadel verdient, daß sie allzu begeistert und siegesfroh den Fortschritten der Naturkunde ihren Ausdruck verlieh, als daß sie mehr als nothwendig zurückgeblieben wäre hinter dem weitab liegenden Ziele, dem sie nachstrebt.

Es stände schon heute um die Arzneikunde ganz anders, wenn die Aerzte, statt Meinungen zu dichten, nur fünfzig Jahre lang einen Stoff, der bekannt wäre, mit der Wage hätten prüfen können. Die Meinung ist ein Ausdruck stumpfer, ungeübter Sinne. Daß jene fünfzig Jahre indeß bereits begonnen haben, wer wüßte es nicht, der die Arbeiten kennt von Liebig und Mulder, von Regnault und Andral, von Dumas, Berthelot und Piria? Und gewiß kommt die Zeit, in der auch ein genauer Naturforscher, so beredt wie Liebig dem Stein der Weisen, dem jetzigen Bemühen der Aerzte den Geist einhauchen wird, der die geschichtlich urtheilende Nachwelt zum Danke verpflichtet.

Durch die Wage erfährt man die Menge der flüchtigen Erzeugnisse der Verbrennung so genau, wie

das Gewicht der Asche. Die Wage lehrt, daß die Kohlensäure, die einen Hauptstoff der verbrannten Körper darstellt, die Pflanzen schwerer macht, im Frühling die grünen Fluren hervorzaubert und ein Reis mit wenigen Blättern in einen Wald verwandelt. Des Waldes Vorrath wird verbrannt, und in neuen Strömen fließt die Kohlensäure unsern Feldfrüchten zu. Die Frucht nährt den Menschen, der Harn düngt den Acker. Und in allen diesen tausendfältigen Wanderungen folgt die Wage dem Stoff.

Der Wald speichert nicht mehr Kohlenstoff auf, als Luft und Erde ihm bieten. Der begrenzte Sauerstoffgehalt der Luft setzt der Verbrennung eine Grenze. Dem Maaße der Verbrennung entspricht die Menge der Kohlensäure, der Menge der Kohlensäure die Schwere des Grases. Und das Gras finden wir wieder in Koth und Harn und den sonstigen Ausscheidungen der Kuh. Auch nicht der kleinste Theil des Stoffs geht verloren.

Was der Mensch ausscheidet, ernährt die Pflanze. Die Pflanze verwandelt die Luft in feste Bestandtheile und ernährt das Thier. Raubthiere leben von Pflanzenfressern, um selbst eine Beute des Todes zu werden und neues keimendes Leben in der Pflanzenwelt zu verbreiten.

Diesem Austausch des Stoffs hat man den Namen Stoffwechsel gegeben. Man spricht das Wort mit Recht

nicht ohne ein Gefühl der Verehrung. Denn wie der Handel die Seele ist des Verkehrs, so ist das ewige Kreisen des Stoffs die Seele der Welt.

„In einem Systeme, wo alles wechselseitig anzieht „und angezogen wird, kann nichts verloren gehen; die „Menge des vorhandenen Stoffs bleibt immer dieselbe.“ (Georg Forster.)

Weil der Vorrath des Stoffs sich weder vermehrt, noch vermindert, darum sind auch die Eigenschaften des Stoffs von Ewigkeit gegeben.

Die Wage ist es wieder, die es unumstößlich bewiesen hat, daß kein Stoff eines lebenden Körpers eine Eigenschaft besitzt, die ihm nicht mit dem Stoff von außen zugeführt wurde.

Pflanzen und Thiere verändern ihre Bestandtheile nur durch Stoffe, die sie der Außenwelt entlehnen. Alle Thätigkeit im wachsenden Baum und im kämpfenden Löwen beruht auf Verbindungen und Zersetzungen des Stoffs, der ihnen von außen geboten wird.

Kein Grundstoff, der es wirklich ist, läßt sich in einen anderen verwandeln. Fluor ist der einfache Körper, der unter allen regelmäßig vorkommenden im menschlichen Leib in der geringsten Menge enthalten ist. Aber fehlen kann er nicht, weder in Knochen und Zähnen, noch im Blute. Wir wissen es aus den Untersuchungen der neuesten Zeit, daß wir dieses Fluor er-

halten in den Getreidesamen und in der Milch, die ohne Fluor den Säugling nicht vollständig ernähren könnte.

Bewegung der Grundstoffe, Verbindung und Trennung, Aufnahme und Ausscheidung, das ist der Inbegriff aller Thätigkeit auf Erden. Die Thätigkeit heißt Leben, wenn ein Körper seine Form und seinen allgemeinen Mischungszustand erhält trotz fortwährender Veränderung der kleinsten stofflichen Theilchen, die ihn zusammensetzen.

Aus diesem Grunde spricht man bei lebenden Wesen von Stoffwechsel. Der leblose Körper, der Fels, verwittert, verliert an Stoff und verändert dabei seine Form. Stoffwechsel und Verwitterung sind bezeichnende Unterschiede zwischen lebenden und todten Gebilden.

Indem die Gebirge unausgesetzt die Einwirkung von Kohlensäure, Wasser und Sauerstoff erleiden, sind sie der Verwitterung preisgegeben. Eisenoxydul ist eine Verbindung von Eisen und Sauerstoff, die weniger Sauerstoff enthält als Eisenoxyd. Wenn sich Eisenoxydul durch Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd verwandelt, dann wird es roth; das ist ein Fall der Verwitterung, den wir täglich vor Augen haben, wenn die schwarze Ackererde, die wir heraufgraben, nach einiger Zeit eine röthlich graue Farbe annimmt. Wasser löst den Gyps, heißes Wasser unter hohem Druck den Feldspath, Wasser mit Kohlensäure den Quarz.

Alle diese Wirkungen erfolgen äußerst langsam, aber die Schnelligkeit wird durch die Dauer ersetzt. Wenn die Fenster blind werden in Ställen und auf Mistbeeten, und wenn der Granit seinen Glanz verliert, so sind überall die gleichen Mächte der Verwitterung thätig.

Die Sauerstoffmenge, die das Eisenoxydul in Eisenoxyd verwandelt, das Wasser, das dem Feldspath sein kieselsaures Kali entzieht, die Kohlensäure, die erforderlich ist, um dem Sand einen Theil seines Kalks zu rauben, sind dem Gewichte nach bekannt. Der Chemiker hat den Zahn der Zeit gewogen.

Granit verwittert, weil er sich mit dem Zahn der Zeit verbindet. Kohlensäure, Wasser und Sauerstoff sind die Mächte, die auch den festesten Felsen zerlegen und in den Fluß bringen, dessen Strömung das Leben erzeugt.

Wenn der Feldspath verwittert, so erhält die Pflanze im Acker das lösliche kieselsaure Kali, das ihr Wachsthum möglich macht. Durch die Zerlegung des Apatits, der so reich ist an phosphorsaurem Kalk und außerdem eine erhebliche Menge Fluor enthält, werden der Gerste und also auch unserm Blut und unsern Knochen Phosphorsäure und Fluor zugeführt.

Weil der Aufbau auf den Umsturz gegründet ist, darum ist die Bewegung rastlos und darum das Leben verbürgt.

Die Unveränderlichkeit des Stoffs, des Vorraths und der Eigenschaften, und die gegenseitige Verwandtschaft der Elemente, das heißt ihre Neigung, sich mit einander zu verbinden, begründen die Ewigkeit des Kreislaufs. Die Unsterblichkeit des Stoffs offenbart sich in der Verwitterung der Felsen.

So ist denn der Zahn der Zeit nichts weniger als eine zerstörende Macht. Er ist, im Bunde mit der Sonne, die Triebfeder, durch welche die Erde grünt und blüht, die Thiere schaffen, die Menschen empfinden und denken. Und selbst der Künstler sollte nicht verzweifelnd jammern, wenn von Jahrhundert zu Jahrhundert der Marmorblock zerstiebt, den ein Kunstwerk zum Tempel weihte. Der Marmor bleibt und mit ihm der prometheische Funke, der neue Kunstgebilde schaffen wird. Denn der Stoff ist unsterblich.

IV.

Das Wachsthum von Pflanzen und Thieren.

Bei den Bergnegern Guinea's wird an einigen Orten eine Pflanze, die nach Art der Meerlinsen auf dem Wasser schwimmt und unter Anderen auf Cuba, Domingo und dem benachbarten Festlande Amerika's stille Gewässer in reicher Menge überdeckt, in großen Töpfen voll Wasser an der Hausthür unterhalten. Hierdurch wird die Abkühlung in ähnlicher Weise erreicht, wie in Indien und andern warmen Ländern durch die Begießungen des Fußbodens. Von den Blättern jener Pflanze verdunstet das Wasser außerordentlich rasch. Ifert, ein dänischer Arzt, fand, daß ein Gefäß voll Wasser mit jener Pflanze in gleicher Zeit sechsmal so viel Wasserdampf in die Luft entweichen ließ, als ein anderes, in dem kein Pflänzchen wuchs.

Diese Verdunstung ist ihrerseits eine der mächtigsten Ursachen des Aufnehmens gelöster Stoffe durch die Pflanzenwurzel.

Es ist eine dem Laien geläufige Vorstellung, daß die Pflanzenwurzeln den Saft, der sie in der Acker-

erde umgiebt, auffangen wie ein Schwamm. Allein es ist von schwammförmiger Beschaffenheit an den feinsten Wurzelfasern auch nicht eine Spur vorhanden.

Der Uebergang gelöster Stoffe in die Wurzel erfolgt vielmehr mittelst einer allgemeinen Eigenschaft der Häute von lebenden Wesen, die darin besteht, daß sie eine Wechselwirkung zwischen zwei Flüssigkeiten zulassen, auch wenn diese durch eine solche Haut von einander getrennt sind.

Wenn man eine Glasröhre, die an beiden Seiten offen ist, mit der Oberhaut eines Blattes von einer Fackeldistel, einer Aloe oder irgend einer andern Pflanze an dem einen Ende zubindet und nun von der andern Seite eine Kochsalzlösung eingießt, dann dringt, wenn man die Röhre frei hinhängt und das Zubinden gehörig bewerkstelligt war, kein Kochsalz durch die Oberhaut hindurch. Sowie man aber die Röhre in ein Gefäß mit reinem Wasser stellt, geht in kurzer Zeit Kochsalz aus derselben in das äußere reine Wasser über, und zugleich wächst die Flüssigkeitssäule in ihrem Inneren. Denn rascher als das Salz durch die trennende Haut hindurch zum Wasser geht, strömt dieses der Richtung der Schwere entgegen zum Salzwasser hinüber.

So kann man mit Hülfe des Wassers außerhalb der Röhre in verhältnißmäßig kurzer Zeit einen Theil des Salzes über die anfangs kaum zur Hälfte gefüllte

Röhre hinausheben. Weil nämlich das Wasser viel rascher durch die trennende Haut hindurch zum Salzwasser strömt, füllt sich die Röhre bald bis an den oberen freien Rand. Steht sie geneigt, dann fließt bald an der einen Seite des Randes ein Tropfen Salzwasser über. Der Tropfen läßt sein Wasser verdunsten. Eine Salzkruste bleibt zurück. Ueber diese hinaus fließt ein neuer Tropfen nach und immer wieder einer, die alle ihr Wasser verdunsten lassen. In wenigen Tagen ist die eine Seite der Röhre mit einer Salzauswitterung bedeckt.

Man denke sich nun die Röhre auch an ihrem oberen Ende mit der Oberhaut eines Blattes zugebunden und statt mit Salzwasser in ihrer ganzen Höhe mit reinem Wasser gefüllt. Taucht man darauf das eine Ende in eine Kochsalzlösung, dann dringt Kochsalz durch die trennende Haut in die Röhre. Nach oben kann durch die Oberhaut wohl Wasser verdampfen, es quillt aber kein Salzwasser durch sie hindurch. In Folge dieser Verdunstung würde in der Röhre unter der oberen Haut nach einiger Zeit ein nur mit Wasserdampf erfüllter Raum entstehen, wenn nicht der Luftdruck auf das umgebende Salzwasser letzteres in die Röhre triebe. Verdunstung und Luftdruck vereint wirken wie ein Pumpenwerk.

Es ist nichts leichter, als sich den Pflanzenstengel sammt seiner unteren Fortsetzung, der Wurzel, als eine

oben und unten, aber auch noch rings an den Seiten durch Oberhaut verschlossene Röhre vorzustellen. Die Wurzel ist das Ende, das in die Salzlösung taucht; sie enthält einen sauren Saft, dem bei der Aufnahme der anorganischen Verbindungen aus der Ackerkrume eine einflußreiche Rolle zufällt. Der Stengel erhebt sich frei in die Luft. Von seiner Oberfläche verdunstet Wasser. Und außer der Verwandtschaft zwischen dem sauren Saft der Wurzel und der Flüssigkeit der Ackererde ist es die Verdunstung von oben, welche mit Hülfe des Luftdrucks das Eindringen von unten unterstützt.

Nicht bloß an den feinsten Spitzen der Wurzel, nicht bloß an den Wurzelenden erfolgt die Aufnahme. Denn die ganze Wurzel ist von einer Oberhaut überzogen, welche die Wechselwirkung zwischen den getrennten Lösungen zuläßt. So ist es klar, warum eine Pflanze aus einem Gefäß mit Wasser 625 Gramm in die Luft entsenden kann in derselben Zeit, in welcher das Gefäß ohne die Pflanze nur 125 Gramm Wasser verliert. Von der Oberfläche des Wassers im Gefäß und von den Blättern der Pflanze entwichen im oben erzählten Falle 750 Gramm.

So wie wir durch die oben offene Röhre Salz herausheben können mittelst des Wassers im Gefäß, in welches die Röhre tauchte, so finden wir mitunter Salzauswitterungen auf den Blättern der Pflanzen.

Vorzugsweise auf den breiten Blättern gurkenartiger Gewächse werden solche Salzauswitterungen beobachtet, wenn nach starken Regengüssen plötzlich trockenes Wetter eintritt (Ville). Das salzarme Regenwasser, welches die Blätter benetzt, zieht Salze aus dem Innern derselben an, und wenn das Regenwasser verdunstet, bleibt das ausgewitterte Salz liegen.

Häufig hat man an Topfgewächsen Gelegenheit zu beobachten, wie die unteren Blätter welken, wenn man den Topf nicht begießt, oder wenn eine Oeffnung unten im Topf das zugeführte Wasser gleich wieder abfließen läßt. Liebig berichtet die lehrreiche Thatsache, daß dann in den unteren Blättern die Salze fehlen. In Folge der Verdunstung von den oberen Theilen steigt der salzhaltige Saft immer höher im Stengel. So werden die oberen Blätter noch versorgt, während die unteren absterben müssen. Letztere enthalten nur noch Spuren jener löslichen Salze, die in den Knospen und Trieben in reichlicher Menge vorkommen.

Diese Thatsachen ergeben, daß das Wachsthum überhaupt bedingt ist durch den gegenseitigen Austausch von Flüssigkeiten, welche durch eine pflanzliche oder thierische Haut getrennt sind.

Pflanzen und Thiere sind im ganzen Leib mit kleinen Bläschen oder Zellen, mit Röhren oder Ge-

fäßen angefüllt. Die Salzlösung, welche eine oberflächlich gelegene Zelle der Pflanzenwurzel dem Acker entzogen hat, tritt sogleich in Wechselwirkung mit dem Inhalt eines weiter nach innen liegenden Bläschens. Das letztere steht durch eine ununterbrochene Reihe von Zellen und Gefäßen mit den äußersten Blattspitzen und Blumenkronen im Zusammenhang.

Im Körper des Menschen werden jene Röhren zuletzt so fein, daß man sie Haargefäße nennt, obwohl auch das weiteste Haargefäß den Durchmesser der feinsten Wollhaare auf unserem Handrücken kaum erreicht. Die Haargefäße führen Blut. Was durch die Wand der Haargefäße im Körper nach außen dringt, wird zur Keimflüssigkeit für die festen Theile, für die Gewebe unserer Werkzeuge. Die Gewebe nähren sich vom Blut. Das Wachsthum ist eine üppige Ernährung der Gewebe.

Blut ist eine Mischung von Eiweiß und Fett, von Zucker und Salzen. Von diesen Stoffen sind das Fett und ein Theil der Salze vorzugsweise in kleinen, an beiden Flächen in der Mitte eingedrückten, linsenförmigen Scheibchen enthalten. Der Gehalt dieser Scheibchen, welche der Herzschlag in alle Gegenden des Körpers treibt, steht fortwährend in Wechselwirkung mit dem Saft, in dem sie schwimmen.

Kochsalz ist unter allen Salzen im Blut am reich-

lichsten enthalten. Darum ist Kochsalz in der Nahrung unentbehrlich. Und trotz dem Austausch, der zwischen den Blutkörperchen und der Blutflüssigkeit unablässig thätig ist, enthalten die ersteren nur sehr wenig Kochsalz (C. Schmidt).

Hierdurch wird deutlich bewiesen, daß jener Austausch sich nach der Art der Stoffe richtet. Die Verwandtschaft der Blutscheibchen zum Kochsalz ist gering: sie nehmen wenig Kochsalz auf. Schon im Blut ist alles Leben auf Anziehungen und Abstoßungen der Stoffe gegründet. Wenn das Blut nicht organische Stoffe enthielte, die im Vergleich zu anderen Blutbestandtheilen eine sehr geringe Verwandtschaft zum Kochsalz haben, könnten sich die Blutkörperchen nicht bilden.

Wie in dem Blut die Körperchen, so verhalten sich in den Geweben die Haargefäße. Die feinen blutführenden Röhrchen der Haut, welche die Lunge überzieht, lassen das Eiweiß des Bluts rascher durchschwitzen als die Haargefäße des Bauchfells, und diese wieder schneller als die Häute des Hirns (C. Schmidt). Nimmt man die Mittelwerthe aus den bis jetzt vorliegenden Untersuchungen, dann besitzt unter den regelrechten wässerigen Ergüssen die Gelenkschmiere, welche dazu beiträgt, die Oberflächen der Gelenke schlüpfrig zu erhalten, den höchsten Eiweißgehalt. Dann folgen in abnehmender

Reihe das Herzbeutelwasser, Fruchtwasser, die wässerige Feuchtigkeit der Augenkammern und schließlich die Hirn-rückenmarksflüssigkeit, die am wenigsten enthält. Die Gelenkflüssigkeit des Menschen und der Thiere führt etwa fünfundvierzig Mal so viel Eiweiß wie der in den Hirnhöhlen und unter der Spinnwebenhaut von Hirn und Rückenmark befindliche Saft.

Eiweiß, Fett und Salze sind in dem Blutwasser gelöst. Sie alle dringen bei dem verhältnißmäßig hohen Druck, unter welchem das Blut in den Gefäßen kreist, durch die Wand der Haargefäße hindurch. Von diesen Stoffen verläßt aber das Wasser das Blut mit der größten Geschwindigkeit, nächst dem Wasser die Salze, viel langsamer Eiweiß und Fett.

Und dennoch sind fast alle Gewebe ärmer an Wasser als das Blut. Denn Haut und Lungen, Nieren und Schweißdrüsen entziehen dem Körper immer Wasser. Der Saft, der aus den Haargefäßen ausschwitzt, wird durch Verdunstung und Schweiß, durch das Athmen und die Harnausscheidung eingedickt zu Fleisch und Knochen.

Aber nicht auf eine bloße Verdichtung läuft die Bildung der Gewebe aus dem Nahrungssaft hinaus. Die Lösung von Eiweiß und Fett und sehr verschiedenen Salzen enthält alle Bedingungen, die nöthig sind, um die mannigfaltigsten Formunterschiede hervorzurufen.

In einer Lösung von Eiweiß, Fett und Salzen sondern sich bei geeigneter Wärme und geeigneter Umgebung kleine Körnchen aus. Viele derselben ballen sich zu kleinen Häufchen zusammen. Aus manchen Häufchen werden kleine Bläschen, deren Anziehung die umgebende Schichte in die Form einer Hülle um das Bläschen verwandelt. So wird das zuerst gebildete Bläschen von einer Zelle umschlossen, in der es selbst den Kern darstellt. Am leichtesten erfolgt dieser Bildungsvorgang im Innern einer bereits gebildeten Zelle; der Zelleninhalt ist eben die geeignete Umgebung für die Entwicklung neuer Zellen. In den meisten Fällen aber entstehen die neuen Zellen dadurch, daß erst der Kern und dann auch die Wand einer schon gegebenen Zelle eine Theilung erleiden; der Kern und die Wand der Tochterzellen sind dann nur als Entwicklungsformen der entsprechenden Theile der Mutterzelle zu betrachten. Bisweilen, ja im Pflanzenreich recht häufig, muß erst der alte Kern verschwinden, im Zelleninhalt sich lösen, bevor die neuen auftreten, die als Anziehungsheerde für die neue Zellenbildung zu betrachten sind.

Diese Zellenbildung ist der allgemeinste Vorgang, der die organische Materie organisirt, den Stoff in Formbestandtheile verwandelt. Aus den Zellen werden Röhren und Fasern, und durch die Verbindung der verschiedenen Formen entsteht das dichte, aber dem

bewaffnet forschenden Auge entwirrbare Gefüge der Gewebe.

Zellen sind kleine Klümpchen oder Bläschen, mit einem flüssigen Inhalt getränkt oder erfüllt, der mit den umgebenden Flüssigkeiten und Gasen durch die Wand des Bläschens oder den wandungslosen Keimstoff*) hindurch in ununterbrochenem Austausch steht. Wenn wir diesen Austausch in Zellen und Zellenreihen beobachten, belauschen wir das geheimste und ursprünglichste Getriebe des Stoffwechsels, dessen Erzählung der Naturforscher kaum erst begonnen hat.

So lange die Materie formlos ist, kann sie wohl organisch sein, sie kann in ihrer Mischung einen höheren Grad von Verwicklung und eine größere Neigung zum Zerfallen zeigen, als Kochsalz oder Salpeter und andere anorganische Stoffe; organisirt wird die Materie erst durch die Beharrlichkeit, mit welcher sich in Lösungen organischer Stoffe die Form der Zellen erzeugt.

Diese Beharrlichkeit scheint freilich auf der gegebenen Entwicklungsstufe der Erde an die Gegenwart von Keimen, das heißt bereits gebildeter Zellen gebunden. Da aber solche Keime überall, in der Luft wie im Wasser vorhanden sind, so gelingt es nur durch künstliche und weit getriebene Vorsichtsmaßregeln, eine

*) Protoplasma. Hugo von Mohl.

Mischung organischer Stoffe frei von allen Keimen aufzubewahren.

Je nach dem Stoff wechselt die Form der Zelle, deren Bau das Gewebe von Bläschen, Röhren und Fasern beherrscht.

Für die Formengebung sind aber die anorganischen Stoffe nicht minder wichtig als Eiweiß und Fett.

Die Blutbläschen erreichen ihre Vollendung nur mit Hülfe des Eisens.

Blätter welken, wenn ihnen die löslichen Salze fehlen; und wenn man Hühnern die Kalkerde vorenthält, dann werden ihre Knochen zerbrechlich. Chossat sah Tauben im siebenten oder achten Monat sterben, als er ihnen Getreide ohne Sand zum Futter reichte.

In den allermeisten Fällen findet ohne Salze keine Zellenbildung statt. Fast nur zarte Pilze, wie die von Mulder untersuchte Essigmutter, gelangen ohne anorganische Stoffe zur Entwicklung, und selbst die Essigmutter soll nach Pasteur ohne Alkalien und phosphorsaure Salze nicht bestehen.

Zellen sterben, wenn sie vom Mutterboden getrennt sind, der den Saft enthält, mit welchem ihr flüssiger Inhalt in Wechselwirkung tritt. Die Zellen sterben, „weil willkürlich getrennte Theile — belebter Stoffe — unter den vorigen äußeren Verhältnissen ihren Mischungszustand ändern" (Alex. von Humboldt).

Ohne Stoffwechsel kein Leben der Zelle. Ohne lebende Zelle, die aus der umgebenden Keimflüssigkeit schöpft, ist Wachsthum nicht denkbar.

Die Verdunstung, welche der Pflanzenwurzel die Aufnahme von Stoffen aus der Ackererde erleichtert, während sie die feinen Gefäße des Darms der Thiere gleichsam in Wurzeln verwandelt, die aus dem Speisesaft schöpfen, und die Wahlverwandtschaft von Flüssigkeiten, die durch trennende Zellwände hindurch thätig ist, sind die Haupteigenschaften des Stoffs, die das Wachsthum bewirken.

Aber des Wachsthums Richtung ist durch den Stoff bedingt, den die Außenwelt liefert. Das Wasser ist wie die Erde, die es durchsickert. Darum die Pflanze wie Land und Wasser. Und darum giebt es eine Geographie der Pflanzen, der Thiere und Menschen, die durch Luft und Sonne nur um so deutlicher sich entfaltet.

V.

Die Erde als Werkzeug der Schöpfung von Pflanzen und Thieren.

Wenn man eine Pflanze vorsichtig verbrennt, so gelingt es nicht selten, ein Gerippe übrig zu behalten, das der ursprünglichen Form des Stengels oder der Blätter entspricht. Das Gerippe besteht aus anorganischen Bestandtheilen, die vorher der Rinde der Erde angehörten.

Ein verbrannter Schachtelhalm hinterläßt eine Asche, die beinahe ganz aus Kieselerde, einem Hauptstoff des Sandes, besteht.

Gleichwie der Saft eines Thieres, einer Pflanze, je nach seiner Mischung, hier diese, dort jene Form von Zellen zur Entwicklung gelangen läßt, so ist die Beschaffenheit der Salze eine Grundbedingung, an welche das Gedeihen und bei der ersten Verbreitung der Gewächse die Entstehung bestimmter Pflanzenarten geknüpft ist.

So zeichnet sich die Weinrebe aus durch ihren Gehalt an Kalk, der Weizen durch phosphorsaure Salze, die Rübe durch den der Kalkerde ähnlichen Talk.

In dem Blumenkohl und den Theeblättern findet sich Mangan, ein dem Eisen überaus ähnliches Metall, welches die Eisenerze beinahe immer wenigstens spurweise begleitet.

Der Tabak, der Nußbaum, die Sellerieblätter führen Salpeter. Ja der Salpeter kann im Tabak so reichlich vertreten sein, daß man, wie Schöpf berichtet, im vorigen Jahrhundert in Virginien zu Kriegszeiten eine Art von Tabak, die in niedrigen Gegenden wächst, zur Gewinnung jener Verbindung von Salpetersäure und Kali benutzt hat. Hundert Gramm der gröberen, sonst unbrauchbaren Stengel im trocknen Zustande sollen über vier Gramm reiner Salpeterkrystalle geliefert haben, und in den Rippen mancher Tabaksblätter steigt der Salpetergehalt sogar auf elf Hundertel des trocknen Rückstandes (Schlösing).

Wenn man erfährt, daß der Talk oder die Bittererde nicht bloß in Runkelrüben, sondern auch in Kartoffeln und Weizen enthalten ist, der Kalk in Klee und Erbsen so gut wie im Weinstock, dann könnte man auf den ersten Blick verleitet werden, in dem Verhältniß jener Erden zur Pflanzenart nicht sowohl eine

eigenthümliche und fest begrenzte Wahlverwandtschaft zu sehen, als vielmehr eine allgemeinere Beziehung, deren Wesen nicht aufginge in der Verschiedenheit des Stoffs. In einer Zeit, in welcher der Mensch sich noch so weise dünkte, den Plan der Natur nach Begriffen der Zweckmäßigkeit zu bestimmen, ließ man die Kieselerde des Sandes in den Schachtelhalm oder in den Grasstengel übergehen, um der Pflanze die Festigkeit zu ertheilen, vermöge welcher die Aehre sich auf dem Halme wiegt. Und weil man die vorausgesetzte Zweckmäßigkeit nur mit der zweiten Annahme, daß die Natur zu ihren Zielen den kürzesten Weg wähle, im Einklang finden wollte, so lag es nahe zu glauben, die Pflanze nehme eben Kalk, wenn Kalk vorhanden sei, sonst statt des Kalks den Talk oder Eisenoxyd, oder irgend einen ähnlichen Körper.

Wie aber, wenn der Bärlapp, jene Pflanze, die das bekannte Hexenmehl liefert, mit dem man die wunden Hautfalten der Kinder bestreut, eine beträchtliche Menge Thonerde führt, während diese, in Pflanzen überhaupt seltenere, Verbindung in Eichen, Fichten und Birken, die auf demselben Boden wuchsen, durchaus fehlt? (Ritthausen, Aberholdt.) Wir finden einen so weit verbreiteten Bestandtheil, wie den kohlensauren Kalk, in den oberflächlichen Zellen einiger Arten aus der Gattung der Armleuchterchen*) vor, um sie in an-

*) Chara.

deren Arten derselben Pflanzengattung zu vermissen (Payen). So scheint eine gelbe Veilchenart*), die auf den Galmeihügeln bei Aachen wächst, dem Zinkgehalt des Bodens ihr Dasein zu verdanken (Bellingrodt). Die neuesten Untersuchungen lehren, daß in der Gerste unter allen Umständen, und wenn man dem Boden noch so viel Natronverbindungen zugesetzt hat, der Kaligehalt des Natron um mehr als das Dreifache übertrifft (Daubeny). Ein Heidepflänzchen**), welches in der Ebene des Lechthals wuchert, zeigt sich auffallend reich an Kalk, während ein nahe verwandtes, aber der Art nach verschiedenes Heidekraut***), welches in den Wäldern der Hügelreihen am Lech und an der Wertach vorkommt, noch augenfälliger durch seinen Reichthum an Kieselerde ausgezeichnet ist (Röthe). Und wenn es nur auf die nächste anorganische Verbindung ankäme, nicht auf die Art des Stoffes, wie kommt es, daß eine große Anzahl von Pflanzen, Kartoffeln, Schneidebohnen, Spinat, Gerste, Hafer und Kresse, unter der Einwirkung von Natron ebenso sichtlich leiden, wie sie unter dem Einfluß von Kali gedeihen? (Chatin.)

Solche Thatsachen geben uns den schlagendsten Beweis, daß die Pflanzenwurzel nach festen Gesetzen der

*) Viola lutea calaminaria.
**) Erica carnea.
***) Calluna vulgaris.

Verwandtschaft die anorganischen Bestandtheile aufnimmt, die sie in der Ackererde umgeben.

Liebig, der bei jener rohen Beziehung zur Festigkeit des Stengels nicht stehen bleiben konnte, war der Erste, der das nothwendige Wechselverhältniß zwischen bestimmten Pflanzenarten und den anorganischen Stoffen des Bodens nach Gebühr hervorhob. Theod. de Saussure hatte ihm fruchtbar vorgearbeitet: er lehrte schon im Anfang des Jahrhunderts, daß anorganische Stoffe zu den nothwendigsten Bestandtheilen der Pflanzen gehören.

Selbst die ähnlichsten Körper, die man wegen ihrer Verwandtschaft zu den Säuren als Basen zusammenfaßt, können sich nur in sehr bedingter Weise vertreten. So können im Blumenkohl zwei Erden, die in ihren Eigenschaften einen sehr hohen Grad von Uebereinstimmung zeigen, der Kalk und die Bittererde, einander nahezu das Gleichgewicht halten, während in anderen Fällen der Blumenkohl beinahe nur Kalk und sehr wenig Bittererde führt. Es ist also wirklich ein großer Theil der Bittererde durch Kalk ersetzt. In den seltensten Fällen wird ein Bestandtheil unter Einflüssen des Bodens durch einen auffallend verschiedenen Stoff vertreten. Kürzlich fand Röthe in kriechendem Günzel*), der auf Kalkboden wuchs, einen Reichthum,

*) Ajuga reptans.

an Kalk, dessen Stelle in Pflanzen derselben Art, die auf Thonboden gefunden wurden, zu einem großen Theil von Kieselerde eingenommen war. Auf kalkreichem Boden kann ein großer Theil der Kieselerde in dem winterlichen Schachtelhalm*) durch kohlensauren Kalk ersetzt werden, so daß die erfindsamen Zweckdichter gewiß die Festigkeit, durch welche die beiden Stoffe sich ähnlich sind, für das eigentlich Bestimmende halten werden. Man findet aber die Kieselsäure im Pflanzenreiche sehr verbreitet auch da, wo sich ein Bezug zur Festigkeit nicht entdecken läßt (Wicke, Hugo Mohl). Ja es gelang, durch Vorenthaltung der Kieselsäure Wälschkornpflanzen zu ziehen, in welchen der Kieselsäuregehalt nur $^{1}/_{30}$ des gewöhnlichen betrug, ohne daß die Haltung des Stammes und der Blätter von der natürlichen abwich (Julius Sachs).

Nach der andern Seite sind Kali und Natron einander nicht minder ähnlich als Kalk und Talk. Und doch enthalten Buchen und Eichen im Vergleich zum Kali nur eine sehr geringe Menge Natron, sebst dann, wenn die Bäume in einem Boden wachsen, in welchem das Natron das Kali um das Fünffache übertrifft (K. Bischof). Ebenso giebt es Wasserpflanzen, in denen mehr Bittererde als Kalk vorhanden ist, trotzdem daß im Boden des Bachs, dem sie ent-

*) Equisetum hiemale.

nommen waren, zehnmal so viel Kalk als Bittererde vorkommt. In den verschiedensten Theilen der Roßkastanie findet eine Vertretung von Kali durch Natron oder von Erden durch Kali niemals statt (E. Wolff, Staffel).

Schon die Ackererde besitzt die Eigenthümlichkeit, eine Anzahl von Stoffen, die für das Pflanzenleben wichtig sind, anzuziehen und festzuhalten. Wenn man eine Auflösung von Kali, Ammoniak, Phosphorsäure und Kieselerde durch Ackererde sickern läßt, dann werden der Lösung jene anorganischen Stoffe entzogen, die Ackererde hält sie zurück; und umgekehrt vermag Regenwasser, das durch Ackererde hindurch filtrirt, ihr die bezeichneten Stoffe nicht zu entziehen. Phosphorsäure, Ammoniak und Kalisalze werden von der Ackererde leichter zurückgehalten als Bittererde, Kalk oder Natronsalze. Es herrscht zwischen dem Boden und den unorganischen Bestandtheilen des Flußwassers, zwischen den einzelnen Pflanzenarten und den Bestandtheilen des Erdbodens ein Gesetz der Verwandtschaft, das hier wie überall, jede Vorstellung von einem Spiel des Zufalls verbannt.

So fest ist diese innere Beziehung der organischen Masse des Pflanzenleibs zu den Salzen, welche die Erde liefert, daß selbst dann, wenn ein Boden Stoffe führt, die nur ausnahmsweise in die Pflanze gelangen, be-

stimmte organische Körper den Eindringling fesseln. In neuerer Zeit wiederholen sich die Beispiele, in welchen man Arsenik in Pflanzen gefunden hat. Die Knollen der Kartoffeln, weiße Rüben, die äußeren Blätter des Kopfkohls, Roggenstroh können Spuren von Arsenik enthalten, wie denn dieser Grundstoff nach Walchner in allen eisenreichen Ackererden vorhanden ist. Aber in allen jenen Pflanzen ist das Arsenik in irgend einer Weise mit dem Zellstoff verbunden, einem äußerst schwer löslichen Stoff, der in der Pflanze alle jugendlichen Zellwände zusammensetzt. Daher fand man Arsenik auch in dem Koth einer Kuh, mit welchem ein Theil des im Grase enthaltenen Zellstoffs unverdaut entleert wird (Stein).

Je genauer die sorgfältigste Forschung jene anorganischen Bestandtheile in's Auge faßt, die man sonst bei Untersuchungen organischer Körper in einen wenig beachteten Anhang zusammenzuwerfen pflegte, desto tiefer und reichhaltiger sind die Beziehungen, welche die Natur der Pflanzen an das Erdreich und dessen Gewässer binden. So fand Schulz-Fleeth in mehren Wasserpflanzen viel mehr Kali als Natron, während in andern Gewächsen, denselben Bächen entnommen, das Natron über Kali vorherrschte. Es ist gewiß der Beachtung werth, daß die Pflanzen, die sich auszeichneten durch ihre frische grüne Farbe, die kalireichen waren,

während der dunklen, in's Braune übergehenden Farbe der andern der Reichthum an Natron entsprach.

Offenbar besitzen also die Pflanzen die Fähigkeit, aus dem Boden oder aus dem Wasser die zu ihrem Bestand erforderlichen Mineralbestandtheile zu sammeln. So kann es kommen, daß die Asche einer Pflanze, der Wassernuß*) z. B., vierzehn Mal so viel Kieselerde enthält, als der Salzrückstand des Teichwassers, in dem sie sich entfaltete.

Und wie sich zu der Erde oder dem Wasser die Pflanzenart verhält, so in der Pflanze die einzelnen Theile. Wenn in dem Samen Kali, Bittererde und Phosphorsäure, wenn Kalk, Chlor, Kieselerde im Stengel vorherrschen, wenn die Blätter sich auszeichnen durch ihren Gehalt an Kieselsäure, an schwefelsaurem Kali und kohlensaurem Kalk, und wenn eine solche Vertheilung innerhalb der Pflanze sich jedesmal wiederholt, dann ist es ein zwingender Schluß, daß die Entstehung des Samens an Kali und Phosphorsäure, wie die des Stengels an Kalk und Chlor oder die der Blätter an schwefelsaures Kali geknüpft ist.

Aus diesem Gesichtspunkte gewinnt beinahe jede zuverlässige Angabe über die Salze in bestimmten Pflanzentheilen eine noch vor Kurzem ungeahnte Bedeutung. Es verbreitet sich ein wohlthätiges Licht

*) Trapa natans.

über alle einzelnen Thatsachen, wenn mit der Zahl der untersuchten Pflanzentheile auch die Fruchtbarkeit des Zusammenhanges wächst, der die Entwicklung der Pflanzen an die Steinchen und den Kalk von Feld und Garten bindet.

Denn selbst den Unerfahrensten muß es ergreifen, wenn er hört, daß der kohlensaure Kalk, den er oft mühsam aus dem Garten entfernt, in alten Pflanzentheilen ein so wesentlicher Körper ist, wie in jugendlichen Werkzeugen die Verbindung des Kalks mit der Phosphorsäure. Je reicher ein Theil der Pflanze mit eiweißartigen Stoffen versehen ist, desto größer ist auch die Menge des phosphorsauren Kalks, der ihn vor eiweißarmen Geweben der Pflanze auszeichnet.

In vielen Samen hat Wilhelm Mayer zwischen dem Gehalt an Phosphorsäure und der Stickstoffmenge, die von ihren Eiweißkörpern abzuleiten war, ein festes Verhältniß gefunden.

So wird es klar, warum der Samen, in dem sich der Eiweißvorrath der Pflanzen aufspeichert, dem Stengel die Phosphorsäure entzieht. Die Menge der Phosphorsäure im Stroh ist dann besonders verringert, wenn ein bedeutendes Gewicht an Körnern erzeugt wurde.

Wie der phosphorsaure Kalk die eiweißartigen Stoffe begleitet, so finden sich Kalisalze reichlich in

allen Theilen, welche eine große Menge Stärkemehl oder Zucker enthalten (Liebig).

Die Hauptmasse ihres Leibes bildet die Pflanze aus der Kohlensäure der Luft. Ein Theil des Sauerstoffs dieser nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehenden Verbindung wird von der Pflanze ausgehaucht, während der Kohlenstoff nebst dem übrigen Sauerstoff in die Zusammensetzung der wichtigsten Pflanzenstoffe eingeht.

Bis zu einer gewissen Grenze läßt sich die Lebendigkeit des Wachsthums der Pflanze messen durch die Sauerstoffmenge, welche sich bei jenem Vorgang entwickelt. Aber bei Wasserpflanzen hört die Ausscheidung des Sauerstoffs, die Zersetzung der Kohlensäure in den grünen Theilen auf, wenn die Salze fehlen, die in den natürlichen Gewässern vorhanden sind. Diese Salze entsprechen den anorganischen Verbindungen des Erdbodens.

Unter den anorganischen Stoffen, welche die Zersetzung der Kohlensäure bedingen, spielt aber das Eisen die mächtigste Rolle. Ohne grünen Farbstoff*) zu enthalten sind nämlich die Pflanzen nicht im Stande, die Zerlegung der Kohlensäure zu bewirken, und die Bildung des grünen Farbstoffs ist schlechterdings an die Gegenwart von Eisen gebunden, das sich in dieser Ve-

*) Chlorophyll.

ziehung durch Mangan nicht ersetzen läßt. Geringe Eisenmengen sind zu der betreffenden Rolle genügend. Ist es aber einer Pflanze ganz verwehrt, aus der Erde oder dem Wasser Eisen zu schöpfen, dann wird sie blaß, ihre Ernährung hört auf, und es erlischt ihr Leben. (Eusèbe und Arthur Gris, Brogniard, Decaisne, Payen, Neumann, Salm-Horstmar, Julius Sachs, Pfaundler, Stohmann, Risse.) Diese Abhängigkeit des Pflanzenlebens vom Eisen wäre in augenfälliger Weise erklärt, wenn sich die Angabe Verdeil's bestätigen sollte, daß in die Zusammensetzung des grünen Farbstoffs Eisen als nothwendiger Bestandtheil eingeht.

Ohne die anorganischen Stoffe ist also die Bildung der organischen Grundlage von Blatt und Stengel eine Unmöglichkeit.

Die Thätigkeit der Wurzeln ist es, welche die Fähigkeit der grünen Pflanzentheile bedingt, die Luft zu organisiren. Die Wurzel wird aber zur Aufnahme der in reinem Wasser schwer löslichen Kalksalze durch den sauren Saft befähigt, mit dem auch ihre oberflächlichen Zellhäute durchtränkt sind. Daher werden polirte Platten von Marmor, Dolomit, Knochenstein, die kohlensauren oder phosphorsauren Kalk enthalten, von Pflanzenwurzeln angeätzt, die beim Wachsthum mit ihrer Oberfläche in Berührung kommen. Julius Sachs

ließ Samen in einer zehn Centimeter hohen Sandschicht keimen, die er über solche Platten ausgestreut hatte, und der Erfolg war, daß die Wurzeln der keimenden Pflänzchen nach wenigen Tagen ihr Abbild in die Marmortafeln und Dolomitplatten eingegraben hatten.

Und die Thiere sind in dem hier geschilderten Verhalten der Pflanzen getreues Ebenbild. Weder das Blut des Menschen, noch das der Wirbelthiere könnte sich entwickeln, wenn nicht die Erde das Eisen führte, das ihr die Pflanze entzieht. Und ohne phosphorsauren Kalk sind die eiweißreichen Theile des Thierkörpers so wenig wie die der Pflanze. Der phosphorsaure Kalk macht etwa die Hälfte unserer Knochen aus; er ist allgemein unter dem Namen der Knochenerde bekannt.

Kupfer übernimmt im Blut der Weinbergschnecke wenigstens theilweise die Rolle des Eisens im Blut des Menschen (Harleß und v. Bibra). Im Blut der Teichmuschel ersetzt der kohlensaure Kalk die phosphorsaure Verbindung dieser Erde, die im Blut der Wirbelthiere vorkommt (C. Schmidt).

Dem entsprechend finden wir kohlensauren Kalk in den knochenharten Theilen, den Stacheln, Gehäusen und Schalen von Stachelhäutern, Polypen und Weichthieren, während bei Menschen und Wirbelthieren die Knochen und Zähne ihre Festigkeit dem phosphorsauren Kalk verdanken.

Schwefelsaures Natron, das sogenannte Glaubersalz, zeichnet die Knochen der Fische und der Lurche*) aus. Phosphorsaure Bittererde ist in reichlicher Menge in den Zähnen der Dickhäuter vertreten (v. Bibra).

Beim Thier und bei der Pflanze sind Art und Gattung wie die Entwicklung der einzelnen Gewebe, an die Aufnahme ganz bestimmter Salze mit unumgänglichster Nothwendigkeit gebunden.

In der harten Erdkruste sind die ersten Bedingungen gegeben für die Mannigfaltigkeit der Bewohner unseres Weltkörpers.

Die Rinde unserer Erde enthält in reichlicher Menge die anorganischen Stoffe, welche zur größeren Hälfte die wesentlichen Bestandtheile der Ackererde bilden. Am dichtesten zusammengedrängt sind jene Stoffe in Bergen und Felsen, bald weicher und formlos, bald in harten Krystallen. Und diese felsigen Berge liefern nicht bloß die Hämmer und Zangen, den Marmor und das Gold für unsere Schmieden und die Werkstätten der Künstler. Ihre anorganischen Bestandtheile sind auch die Werkzeuge, welche die organischen Stoffe verbinden zu Pflanzen und Thieren, die den Erdball beleben.

Es berstet der Fels durch den Wechsel von Wärme und Kälte. Aber auch die kalte Wucht einer ewigen

*) Amphibien.

Schneedecke spaltet den Berg und sprengt die Blöcke auseinander. Der schiebende Gletscher, die reißenden Bäche und Wasserfälle sind gleichsam die Hammerwerke, die den Fels aus seinen Fugen treiben und seine Ecken zermalmen. In der Natur ist nicht Rast und nicht Ruhe. Jene Mächte der Zertrümmerung übertreffen nicht bloß die Gewalt des Tropfens, der durch öfteres Fallen den Sandstein aushöhlt; das ewig brausende und tosende Wasser, die krachenden Eisthürme, die donnernde Lawine zertrümmern den Granit. Auch der Fels kann der Ewigkeit nicht trotzen.

Der Berg zerfällt in Trümmer, die Trümmer werden Staub. Ströme tragen den Staub in die Ebene; sie düngen den Acker; denn sie ertheilen ihm der Pflanzen unentbehrliche Nahrung.

In der Wetterau, zu Logrosan in Estremadura, bei Redwitz in der Nähe des Fichtelgebirges finden sich ganze Lager von phosphorsaurem Kalk, von sogenanntem Knochenstein oder Knochenerde (Bromeis, Daubeny, Fickentscher).

Der Bergmann, der in der Wetterau oder in Estremadura nach phosphorsaurem Kalk gräbt, sucht mehr als Gold, er gräbt nach Weizen, gräbt nach Menschen. Wir durchwühlen das Eingeweide der Erde, um die Heeresmacht beobachtender Sinne und sinneskräftiger Gedanken zu vermehren. Und so hebt

denn der Bergmann den Schatz des Geistes, den der Bauer in Umlauf setzt, dem Rad der Zeitläufte seine erste Triebkraft ertheilend. Der Bergmann, der im Schweiße seines Angesichts mit Lebensgefahr sein Leben erringt, er weiß es nicht, ob nicht der Stoff des besten Kopfes durch seine Hände gleitet. Er setzt mit seiner verborgenen Arbeit vielleicht Jahrhunderte in Bewegung.

VI.

Kreislauf des Stoffs.

Puisque, jusqu'aux rochers, tout se change en poussière:
Puisque tout meurt ce soir pour revivre demain;
Puisque c'est un engrais que le meurtre et la guerre;
Puisque sur une tombe on voit sortir de terre
Le brin d'herbe sacré qui nous donne le pain;
. . . . **Alfred de Musset,** La nuit d'août.

Es ist ein dem menschlichen Hirn sehr geläufiges Verfahren, daß es im einzelnen Fall einen allgemeinen Schluß auf eine beschränkte Reihe von Beobachtungen gründet. Aus dieser Eigenschaft, an der wir alle leiden, von der sich nur der Eine mehr, der Andere weniger frei zu halten weiß, erklären sich die schroffen Eintheilungen, durch welche wir unsere Fassungskraft zu steigern suchen.

So verkehrt es wäre, wenn man solchen Eintheilungen ein Bürgerrecht in der Wissenschaft gestatten wollte, so sicher ist es doch, daß gerade jene Versuche, die überall in einander greifenden Erscheinungen, den kreisenden Strom des Naturlebens in fest begrenzte

Fachwerke einzudämmen, erst neue Beobachtungen und dann Gedanken hervorrufen.

Dieses Loos ist auch dem zuerst von Ingenhouß gelehrten Satze zu Theil geworden, nach welchem die Pflanze ausschließlich von anorganischen Nahrungsstoffen leben sollte.

Als man besonders durch Senebier's Forschungsgeist erfahren hatte, daß die Pflanzen im Licht die Kohlensäure zersetzen, die ihre Blätter beständig der Luft entziehen, als man später die Gewichtszunahme bestimmte, welche die Pflanze durch den in ihr zurückbleibenden Kohlenstoff erleidet, war der wichtige Satz gefunden, daß die Pflanze nicht nur zum Theil von der Luft lebt, sondern auch, daß sie den Hauptvorrath ihres Leibes dieser Nahrungsquelle entnimmt. Und so nennt man mit Recht den Kohlenstoff den wichtigsten Pflanzenerzeuger.

Freilich enthält die Pflanze außer Zellstoff und Zucker, außer Stärkmehl, Fett und Wachs, die alle nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt sind, auch Eiweiß, das in Verbindung mit diesen Grundstoffen noch Stickstoff und Schwefel enthält.

Aber auch die Luft führt Stickstoff und zwar nicht nur frei, sondern auch mit Wasserstoff zu Ammoniak verbunden. Dieses Ammoniak führen Thau und Regen der Erde zu, die Pflanzenwurzel nimmt es auf.

Ihre Salze und Wasser findet die Pflanze im Boden. Unter diesen Salzen können die schwefelsauren, insbesondere der schwefelsaure Kalk oder Gyps, den Schwefel des Eiweißes liefern. Und damit ist es allerdings erwiesene Thatsache, daß die Pflanzen unter Umständen ausschließlich von anorganischen Stoffen leben können. Wasser, Kohlensäure, Ammoniak und Salze sind lauter Stoffe, die sich durch die Einfachheit ihrer Mischung und durch das Zerfallen ihrer Verbindungen in die nämlichen einfachen Stoffe, aus denen sie hervorgegangen sind, als anorganische Körper den von Pflanzen und Thieren oder durch die Kunst hervorgebrachten organischen Verbindungen gegenüberstellen.

Die Flechte, die auf ödem Gemäuer fortwuchert, lebt thatsächlich von anorganischen Stoffen, von Luft und Salzen.

Umgekehrt ist es der Ausdruck der bekanntesten Erfahrung, daß weder der Mensch, noch irgend ein höheres Thier von Luft und Salzen leben kann.

Mit Recht wurde es als neuer und wichtiger Grundsatz verkündigt, daß die Pflanze Luft und Erde in organische Formen bringt. Und jene Neigung zum Gegensatz, der die befangenen Vorstellungen von einer zweckmäßigen Einrichtung der Natur immer Nahrung geben, überwies es den Pflanzen als einzige Aufgabe, anor-

ganische Stoffe aufzunehmen, um sie dem Thier in organische Nahrung zu verwandeln.

Die Pflanze lebt von anorganischen Stoffen, während das Thier der organischen Nahrung bedarf, so lautete die Unterscheidung. Und die Eintheilung sollte noch gewinnen, indem man der Pflanze die Eigenschaft zuschrieb, ausschließlich Luft und Salze als Nahrung zu verarbeiten.

Aber die Verbrennung, welcher Pflanzen und Thiere, lebend und todt, durch die allseitige und fortwährende Einwirkung des Sauerstoffs der Luft unterliegen, schreitet nicht gleich fort bis zur Bildung von Kohlensäure und Wasser. Das fallende Laub, die Stoppeln und Brachfrüchte, Stalldünger und Leichen helfen die Dammerde bilden. Sie schwängern den Erdboden mit organischen Stoffen. Die Dammsäure*), die Quellsäure**) und die Quellsatzsäure***) sind ebenso viele aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Körper, die in keiner guten Ackererde fehlen.

Im Boden sind diese Säuren an Ammoniak gebunden. Quellsaures Ammoniak ist ein Körper, der Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält. In quellsatzsaurem Ammoniak sind diese Grundstoffe

*) Huminsäure.

**) Crensäure, acidum crenicum.

***) Apocrensäure, acidum apocrenicum.

nahezu in solchem Verhältniß gegeben, daß sich daraus die Entwicklung von Eiweiß leicht begreifen läßt, wenn man auch den inneren Hergang jener Umwandlung bisher nicht kennt (Berzelius, Mulder).

Dadurch schien es natürlich erklärt, daß die stickstoffarme Flechte gedeiht auf nackten Felsen, während eiweißreicher Weizen des Düngers Nährkraft erfordert.

Ingenhouß und Liebig schrieben jedoch nur den anorganischen Stoffen des Düngers die fruchtbare Wirkung zu. Und weil der Dünger und die Dammerde Gemenge sind, so erfordert freilich die Annahme, daß Dammsäure und Quellsäure als solche zur Ernährung der Pflanze beitragen, einen unmittelbaren Beweis.

De Sauſſure hat ihn geliefert. Er hat durch Wägung die Menge des dammsauren Kalis bestimmt, die in gesunde Pflanzen übergeht. Ich habe den Uebergang von dammsaurem Kali in die Zwiebel und Wurzelfasern des ächten Safrans beobachtet. Und Malaguti hat die Menge von torfsaurem Ammoniak*) gewogen, welche das Wiesenschaumkraut**) dem Boden entnahm, und zugleich das Gewicht, um welches die Pflänzchen unter dem begünstigenden Einfluß des torfsauren Ammoniaks zugenommen hatten, im Ver-

*) Ulminsaures Ammoniak.

**) Cressonette. Cardamine pratensis.

gleich zu anderen, denen dieser Nahrungsstoff nicht zur Verfügung stand.

Mulder und Soubeiran haben den günstigen Einfluß von Lösungen der organischen Stoffe der Dammerde durch den Versuch ermittelt.

Demnach ist es natürlich, daß die Wucherungen jener kleinen Pflänzchen, die wir Schimmel nennen und deren Verwandte in der Pflanzenwelt reich sind an Stickstoff, organischen Boden lieben. Bei der trocknen Fäule des Holzes verwandeln sich die organischen Stoffe, die vorher die Holzzellen bildeten, in Zellen eines Pilzes, dessen Fäden das Holz allmälig verdrängen. In der bekannten Krankheit der Seidenwürmer, der gefürchteten Muscardine, wächst ein Pilz aus den Blutkörperchen der Raupe hervor. Eine Pflanzung von Pilzen kann den Zucker vernichten; der rothe Ueberzug, den man bisweilen auf verdorbenem Zucker antrifft, besteht aus Arten einer neuen Gattung jener wuchernden Pflänzchen.*)

Je mehr eine Pflanze Eiweiß erzeugt, desto nützlicher sind ihr die organischen Säuren der Dammerde. Und wir wissen durch Mulder, daß diese Säuren durch ihre Verwandtschaft zum Ammoniak, das dem

*) Glyciphila erythrospora und Glyciphila elaeospora (Montagne).

Eiweiß den Stickstoff liefert, im höchsten Grade ausgezeichnet sind.

Daß die Flechten und viele andere Pflanzen ausschließlich von anorganischen Nahrungsstoffen leben, ist natürlich kein Grund zur Behauptung, daß anderen Pflanzen die Dammsäure nicht zur Nahrung gereicht. Sonst käme man, in ähnlicher Weise weiter schließend, dazu, der Fichte abzusprechen, daß sie ihren Zellstoff aus Kohlensäure und Wasser aufbaut, weil die Pilze die Hauptmasse ihres Leibes aus organischen Stoffen herstellen. Oder essen wir kein Fleisch, weil die Grönländer von Fischen und die Bewohner mancher Inseln der Südsee von der Brodfrucht leben?

Die Verwandtschaft des Ammoniaks zur Dammsäure hat für die Aufnahme dieser eine mehrfache Bedeutung. Erstens begegnen sich die beiden Stoffe in der Ackererde. Zweitens zeichnet sich gerade das dammsaure Ammoniak durch die Leichtigkeit aus, mit der es in Wasser gelöst wird; es ist zum Beispiel zweitausendmal leichter in Wasser löslich als dammsaurer Kalk. Ferner aber wäre freies Ammoniak kein Nahrungsstoff für die Pflanzen, da es schon in sehr kleiner Menge giftige Eigenschaften für dieselben besitzt.

Eine aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehende Säure, die sich mit dem Ammoniak, oder genauer gesprochen mit dem aus Ammoniak und Wasser

bestehenden Ammoniumoxyd verbindet, ist nicht minder bedeutend dadurch, daß sie das Ammoniak seiner giftigen Wirkung entäußert, wie dadurch, daß sie in einer geeigneten Verbindung Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff den Pflanzen darbietet. Die Verbindung der Dammsäure mit dem Ammoniak ist so fest, daß eine der stärksten Säuren, das Vitriolöl oder die Schwefelsäure, nicht im Stande ist, dieselbe vollständig zu zerlegen (Mulder).

Dammsaures Ammoniak ist endlich viel reichlicher in der Ackererde enthalten, als dammsaurer Kalk. Trotzdem ist auch die letztere Verbindung in der Ackererde nicht von Werth entblößt. Wenn sie gleich weder in großer Menge vorhanden, noch auch durch Leichtlöslichkeit in Wasser ausgezeichnet ist, so wird hier durch die nimmer ruhende Zeit ein Schatz gehoben, der allerdings, wenn er in wenigen Minuten erhascht werden müßte, nur eine geringe Bedeutung haben könnte. An der Aufnahme des dammsauren Kalks arbeitet die Wurzel aller Wahrscheinlichkeit nach beständig und ahmt auf solche Weise die ausdauernde, wenn auch im Dunkeln unterbrochene Thätigkeit der Blätter nach, die aus den vier Raumtheilen Kohlensäure, welche zehntausend Theile Luft enthalten, so große Mengen Kohlenstoff in der Pflanze aufzuspeichern vermögen.

Immer bleibt es wahr, daß die Pflanzen nur eine

kleine Menge ihres Kohlenstoffs aus den organischen Säuren der Ackererde beziehen. De Sauſſure, jener gründliche Vertheidiger der organischen Pflanzennahrung, hat schon hervorgehoben, daß Pflanzen in fruchtbarer Gartenerde höchstens $^1/_{20}$ ihres Gewichts den organischen Stoffen des Bodens verdanken können.

Es hieße aber die organische Mischung des Pflanzenreichs verkennen, wenn man bloß die stickstofffreien Bestandtheile derselben berücksichtigen wollte, weil diese allerdings der Menge nach darin bedeutend vorherrschen. Der wichtigste und vor allen anderen lebenweckende Theil der Pflanzenzelle, den Hugo Mohl als ihr Erstgebilde oder Keimstoff*) bezeichnete, ist immer ausgezeichnet durch ihren Gehalt an eiweißartigen Stoffen. Alle die Pflanzen, denen wir unsere nahrhaftesten Nahrungsmittel verdanken, wie die Getreide und Hülsenfrüchte, sind reich an eben diesen stickstoffhaltigen Bestandtheilen, und ebenso alle jungen Wurzeltriebe, deren Thätigkeit für den Aufbau der Pflanzen so wichtig ist.

Wie wäre es nun, wenn es sich bei der Zufuhr von dammsaurem Ammoniak weit mehr um die Anwesenheit einer sehr günstig zusammengesetzten Verbindung von Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauer-

*) Protoplasma.

stoff handelte, als um die Steigerung des Ertrags an Kohlenstoff, die freilich mittelbar zugleich gegeben ist? Unsere Feldfrüchte sind nicht bloß deshalb so dringend auf Dünger angewiesen, weil dieser die Bodensalze vermehrt oder ergänzt, sondern auch darum, weil die Erzeugung von stickstoffreichem Eiweiß, die wir beim Feldbau vorzugsweise beabsichtigen, durch die Ammoniakverbindungen der organischen Säuren der Ackererde aufs kräftigste gefördert wird.

Und wenn manche, und darunter viele der dem Menschen wichtigsten Pflanzen auch nur einen Theil des Kohlenstoffs jener eiweißartigen Bestandtheile den organischen Säuren der Dammerde verdanken sollten, so ist damit deren Wichtigkeit auch als Kohlenstoffträger genügend dargethan. Wiegmann und Mulder haben aber durch Versuche bewiesen, daß weder Kohlensäure, noch Ammoniak die Wirkung der Dammerde zu ersetzen vermögen.

Es ergiebt sich indeß aus den obigen Betrachtungen, daß das Ammoniak als der werthvollere Bestandtheil jener organischen Verbindungen der Dammerde zu betrachten ist, da die Pflanze die Hauptmenge ihres Stickstoffs ebenso dem Ammoniak verdankt, wie bei weitem der größere Gewichtstheil ihres Kohlenstoffs von der Kohlensäure hergeleitet werden muß.

Darum war es eine so bedeutende Leistung Lie-

big's, daß er den Ammoniakgehalt der Luft und des Regens kennen lehrte. Die Menge des Ammoniaks in der Luft ist einem sehr beträchtlichen Wechsel unterworfen, schon deshalb, weil diese Verbindung des Stickstoffs mit Wasserstoff so begierig vom Wasser aufgenommen wird, daß jeder Regen beinahe alles Ammoniak aus dem Luftkreis entfernt.

So wird denn mit jedem Regen dem Acker die fruchtbarste Stickstoffverbindung zugeführt, die den Pflanzen zur Nahrung gereicht, mit dem Gewitterregen in der bedeutendsten Menge. Die segnende Wirkung des Regens ist also nicht beschränkt auf die Lösung der im Boden vorhandenen Körper; mit dem Regen strömt einer der wichtigsten Nahrungsstoffe der Pflanzen auf Feld und Garten herab.

Noch wichtiger als diese Quelle des Ammoniaks ist aber eine andere, in der Ackererde selbst entspringende, die vorzüglich Mulder's Forschergeist aufgedeckt hat.

Es ist nämlich eine der wichtigsten Eigenschaften des Wasserstoffs, daß er in dem Augenblick, in welchem er sich frei aus seinen Verbindungen entwickelt, mit verdichtetem Stickstoff eine neue Verbindung eingeht, die nichts Anderes ist als Ammoniak.

Eisen ist ein Grundstoff, Wasser eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. Wenn wir Wasser mit Eisen mischen, dann entzieht das Eisen dem Wasser

den Sauerstoff. Es entsteht Eisenrost, eine Verbindung von Eisenoxyd mit Wasser, und Wasserstoff wird frei.

Alle lockeren pulverförmigen Gemenge verdichten luftförmige Körper, z. B. den Stickstoff. Die Eisenfeile ist ein solches lockeres Pulver. Wenn wir der Eisenfeile Wasser zusetzen, bildet sich nicht bloß Eisenrost. Der aus dem Wasser frei werdende Wasserstoff verbindet sich mit dem in der Eisenfeile verdichteten Stickstoff zu Ammoniak.

Die Ackererde übernimmt die Rolle von Wasser und Eisenfeile zugleich. Sie verdichtet Stickstoff in ihren Poren, und die verwesenden Stoffe der Dammerde sind Quellen von Wasserstoff, der sich im Augenblick des Freiwerdens mit dem verdichteten Stickstoff paart.

In guter Ackererde kann daher dammsaures Ammoniak nicht fehlen.

Aber in dem dammsauren Ammoniak vereinigen sich Luft und Erde und verwesende Ueberbleibsel von Pflanzen und Thieren, um einen der wichtigsten Nahrungsstoffe für das Gedeihen der Frucht zu liefern. Die Luft giebt den Sauerstoff, der die Verwesung bedingt. Verwesung ist nichts als eine langsame Verbrennung. Der Sauerstoff ist aber die Ursache, daß sich aus dem verwesenden Körper Wasserstoff entwickelt. Es ist wiederum die Luft, aus welcher der Stickstoff stammt, dem der Wasserstoff im Augenblick des Freiwerdens be-

gegnen muß. Die Erde verdichtet den Stickstoff in den kleinsten Zwischenräumen ihrer Krume. Aus verwesenden Thieren und Pflanzen geht die Dammsäure hervor.

Dammsaures Ammoniak ist der wichtigste Nahrungsstoff für Weizen und Erbsen, für die kräftigsten Nahrungsmittel des Menschen, weil es sich am leichtesten in Eiweiß verwandelt, in jene hoch zusammengesetzte, auf hoher Stufe organischer Mischung stehende Verbindung von Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, die den ersten Anstoß giebt zum Leben der Pflanze.

Ohne seine Nährkraft für die Pflanzen einzubüßen, kann das Ammoniak durch Aufnahme von Sauerstoff in Salpetersäure und Wasser sich verwandeln. Verschiedene Pflanzen, Kresse, Sonnenblumen, beziehen ihren Stickstoff aus Salpetersäure ebenso gut, wenn nicht besser, wie aus Ammoniaksalzen (Bouſſingault, Lawes, Gilbert und Pugh). Dagegen scheint der Stickstoff der Luft als solcher unmittelbar zum Aufbau der Pflanzen nichts beizutragen. Für bestimmte Pflanzen, wie die Bohne*), hat Bouſſingault durch genaue Versuche den Beweis geliefert, daß sie beim Ausschluß von Ammoniakverbindungen und Salpeter keimen und wachsen können, ohne den Stickstoffgehalt,

*) Phaseolus nanus.

der ursprünglich in den Samen enthalten war, zu vermehren.

So wird es doppelt bedeutsam, daß Regenwasser bei Gewittern und auch sonst häufig salpetersaures Ammoniak enthält. In ihm sind die beiden Stickstoffquellen für die Pflanzenernährung vereint, und damit ist eine unerläßliche Bedingung zur Bildung von Eiweiß erfüllt.

Lösliches Eiweiß oder Stoffe, die mit dem löslichen Eiweiß den höchsten Grad von Uebereinstimmung zeigen, versetzen das Stärkmehl der Samen und Wurzeln in den gelösten Zustand, das heißt, sie setzen dasselbe in Bewegung.

Diese Bewegung bedingt das Keimen.

Schon ragen die ersten grünen Blättchen aus der Erde hervor und schon beginnt die Aufnahme von Kohlensäure der Luft, welche mit Hülfe von Ammoniak oder Salpetersäure, von Wasser und Salzen jene unscheinbaren Blättchen in Busch und Wald verwandeln kann.

Die Zersetzung der Kohlensäure, welche das üppige Wuchern der Pflanze möglich macht, geht in allen grünen Pflanzentheilen vor sich, die vom Licht beschienen werden. Ja, es ist diese Zersetzung nicht einmal auf die rein grünen Theile ausschließlich beschränkt. Auch die grüngelben Blätter der auf Obstbäumen schmarotzenden weißen Mistel*), die allerdings auch etwas

*) Viscum album.

grünen Farbstoff enthalten, vermögen die Kohlensäure zu zerlegen (Luck).

Aber die Kohlensäure stammt von athmenden Menschen und Thieren, von dem Holz und den Steinkohlen, die wir verbrennen; sie ist also ein Auswurf des Thierlebens oder ein todter Rückstand gewaltiger Pflanzenleichen. Die Pflanze führt den Kohlenstoff in den Kreis des Lebens zurück.

Gebunden wird indeß der Kohlenstoff nur, wenn die Pflanze zugleich Salze im Boden vorfindet und Sauerstoff in der Luft. Wenn der Sauerstoff fehlt, vermögen die grünen Blätter selbst im Licht die Kohlensäure nicht zu zersetzen (Theod. de Saussure). Luft und Erde machen erst die Kohlensäure fruchtbar, die sich sonst anhäufen würde zur Qual und Lebensgefahr von Menschen und Thieren.

Wie das Korn auf dem Felde, so sammelt das Vieh auf der Weide das Ammoniak und die Kohlensäure, nachdem sie in Eiweiß verwandelt sind, in einer Gestalt, die dem Menschen zur Nahrung am tauglichsten ist. Erzeugung von Eiweiß, von Fett und Salzen ist für den Ackerbau und die Viehzucht gleichmäßig Hauptziel.

Derselbe Kohlenstoff und Stickstoff, welche die Pflanzen der Kohlensäure, der Dammsäure und dem Ammoniak entnehmen, sind nach einander Gras, Klee und

Weizen, Thier und Mensch, um zuletzt wieder zu zerfallen in Kohlensäure und Wasser, in Dammsäure und Ammoniak.

Hierin liegt das natürliche Wunder des Kreislaufs. Das Wunder offenbart sich in der Ewigkeit des Stoffs durch den Wechsel der Form, in dem Wechsel des Stoffs von Form zu Form, in dem Stoffwechsel als Urgrund des irdischen Lebens.

Alle Mühe des Menschen bewegt sich auf Bahnen, die in den Kreislauf des Lebens einmünden wie Strahlen. Das Ringen ist näher und ferner dem Mittelpunkt, je nach den Graden des Bewußtseins. Je näher wir aber dem Mittelpunkt stehen, je klarer wir uns bewußt sind, daß wir durch die richtige Paarung von Kohlensäure, Ammoniak und Salzen, von Dammsäure und Wasser an der höchsten Entwicklung der Menschheit arbeiten, desto mehr wird auch das Ringen und Schaffen veredelt, mit dem wir das Rollen der Elemente auf den kürzesten Weg zu unseren Zielen zu bannen suchen.

Denn das ist die erhabene Schöpfung, von der wir täglich Zeugen sind, die nichts veralten und nichts vermodern läßt, daß Luft und Pflanzen, Thiere, Menschen sich überall die Hände reichen, sich immerwährend reinigen, verjüngen, entwickeln, veredeln, daß jedes Einzelwesen nur der Gattung zum Opfer fällt, daß

der Tod selbst nichts ist als die Unsterblichkeit des Kreislaufs.

Die Pflanzen sind die Hohepriester, die in dem von der Sonne erleuchteten Tempel unseres Erdballs fort und fort die Vermählung zwischen Luft und Erde vollziehen. Sie schmücken das Opfer, das Thiere und Menschen am eigenen Leibe verbrennen. Sie leben von dem Opferthier und halten es doch selber am Leben.

VII.

Die Pflanze und der Boden.

Wenn man die getrockneten Blätter der Theestaude verbrennt, dann kann man an der Farbe der Asche unterscheiden, ob man es mit chinesischem oder mit Java-Thee zu thun hat. Durch den bedeutenden Gehalt an Eisenoxyd ist die Asche des letzteren viel röther gefärbt. Auch der Aufguß des Java-Thees ist dunkler als der des chinesischen, weil das Eisenoxyd mit der Gerbsäure der Theeblätter eine schwarzblaue Verbindung eingeht (Mulder).

Es ist klar, daß der Eisengehalt des Bodens jener fruchtbaren Inseln die Ursache sein muß, weshalb der Java-Thee noch immer dem chinesischen nicht ganz gleich zu setzen ist. Und wenn im Süden der Vereinigten Staaten Nord-Amerikas, in Alabama, Georgien und Süd-Carolina, wenn gar in Brasilien der Theebau nur allmälig die Blüthe und Vorzüge erreicht, die in China gegeben sind, so hat man die Gründe zu einem großen Theil im Boden zu suchen.

Die feine Teltower Rübe verläßt den Märker Sand nur auf Kosten ihres Geschmacks. Im üppigen Boden der Rheinprovinz verwandelt sie sich in unförmliche Knollen, in denen der Berliner sein Lieblingsgericht nicht wieder erkennt.

Wie der Thee und die Rüben, so der Tabak und die Rebe. Der Havannah artet auf Java allmälig aus. Man hat es umsonst versucht, in Amerika durch europäische Reben ein dem Rheinwein gleiches Erzeugniß zu erzielen.

Alle diese Thatsachen erklären sich auf die befriedigendste Weise durch das regelmäßige Verhältniß der organischen Grundlage der Pflanzen zu den Salzen des Bodens.

Ob ein Baum süße oder bittere Mandeln trägt, hängt lediglich vom Standort ab. Liebig berichtet von Fällen, in denen es hinreichte, einen Baum, der bittere Mandeln trug, zu versetzen, um süße Mandeln zu erzeugen. In letzteren fehlt der eigenthümliche Mandelstoff*), der sich durch eine in allen Mandeln vorhandene Hefe**) in Bittermandelöl und Blausäure verwandelt. Durch die veränderte Nahrung schlägt die Rückbildung im Mandelbaum eine andere Richtung ein, so daß bald Mandelstoff erzeugt wird, bald nicht, gleichwie der Harn pflanzenfressender Thiere, wenn sie Brod ohne Kleie

*) Amygdalin.

**) Emulsin oder Synaptase.

fressen, nur gewöhnliche Harnsäure, bei der Fütterung mit Gras, Stroh und Kleie dagegen auch Pferdeharnsäure führt (Hallwachs, Meißner und Shepard).

Kartoffeln, die im Keller keimen, enthalten einen giftigen Körper, der sich auszeichnet durch seine Verwandtschaft zu Säuren. An die Stelle der Alkalien oder Erden, welche die über dem Boden liegenden Knollen nicht aufnehmen konnten, tritt ein organisches Alkali, das sich in der Pflanze selbst entwickelt. Je weniger Kalk der Chinabaum im Boden vorfand, desto mehr Chinin ist in der Rinde an Chinasäure gebunden. So kann im Mohnsaft die Mohnsäure*) durch Schwefelsäure vertreten werden.

Durch die Aufnahme eines sonst in den Pflanzen nur ausnahmsweise auftretenden Stoffes, des Zinkoxyds, können einzelne Pflanzen ihre Tracht so wesentlich ändern, daß man sie als besondere Abarten, wenn nicht gar als neue Arten betrachtet. Bellingroth's Untersuchungen haben wegen dieses Verhaltens das Galmeiveilchen**) berühmt gemacht. Risse hat die von Bellingrodt-herrührende Beobachtung nicht nur bestätigt, sondern sie noch auf das Alpenhellerkraut***) ausgedehnt, dessen Blätter in ihrer Asche über 13 Pro-

*) Mekonsäure.

**) Viola tricolor calaminaria.

***) Thlaspi alpestre calaminarium.

cent Zinkoxyd enthielten. Beide Pflanzen wachsen auf den Galmeihügeln bei Aachen. Andere Pflanzen, die sich nach Risse's Untersuchungen gleichfalls durch ihren bedeutenden Gehalt an Zinkoxyd hervorthun, scheinen eben dem dortigen zinkhaltigen Boden ein üppiges Wachsthum zu verdanken, so zum Beispiel verschiedene Arten des Leimkrauts*).

Es ist eine merkwürdige Beobachtung der neuesten Zeit, daß die Weine Jod führen. Unter den französischen Weinen ist dieser Grundstoff am reichlichsten vertreten in dem Wein der Granithügel von Beaujolais und Mâconnais, am spärlichsten in dem auf weißer Kreide gewachsenen Champagner. Der Bordeauxwein von der Tertiairschichte der Gironde ist ärmer an Jod als das Gewächs der grünen Kreide, die sich von Cahors bis nach la Rochelle erstreckt (Chatin).

Wenn die gemeine Brunnenkresse in fließendem Wasser wächst, ist sie als Arzneimittel besonders gesucht. Sie verdankt dann eben einen Theil ihrer Heilkraft dem Jod, das ihr von fließendem Wasser immer neu zugeführt wird und deshalb reichlicher in ihr vorkommt, als in Brunnenkresse, die aus stehendem Wasser gesammelt wurde (Chatin).

---

*) Armeria vulgaris und Silene inflata. Siehe die Mittheilungen von Risse bei Julius Sachs, Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865, S. 153. 154.

Der Vortheil der Brache, der Wechselwirthschaft, des Mineraldüngers, der Nutzen von Gyps, von Mergel und Knochen sind ebenso viele sprechende Beweise für das stoffliche Verhältniß der Pflanze zum Boden, das im Leben längst als Thatsache feststand, bevor es die neuere Wissenschaft begreifen lehrte.

Auch der fruchtbarste Boden wird zuletzt erschöpft. Es ist eine bekannte Erfahrung, daß die Weinberge Kali erfordern. Wir haben es neuerdings durch Berthier gelernt, daß dieses Kali nur zu einem sehr kleinen Theile in die Trauben, dagegen großentheils in Holz und Blätter der Reben übergeht. Aber die Traube setzt die Rebe voraus. Und wenn auch Bouffingault, einer der wissenschaftlichsten und erfahrensten Bearbeiter landwirthschaftlicher Fragen, erwiesen hat, daß Kartoffeln, Weizen und Runkelrüben dem Boden mehr Kali entziehen als der Weinstock, so ist doch das Kali im Boden auch für die Rebe Bedürfniß. Und zwar nicht bloß weil die Rebe Kali führt. Durch die kohlensauren Alkalien des Kuhmistes wird nach Liebig die Menge des Zuckers in den Trauben vermehrt.

Weil Kartoffeln dem Boden das Kali entziehen, würde man durch Kartoffeln einen Weinberg verderben; es würde in der Erde eine Quelle erschöpft, die für den Weinstock fließen muß.

Einem gleichen Flächeninhalt des Bodens wird vom

Weizen in derselben Zeit fünfmal soviel Kali und Phosphorsäure entzogen als von einem Buchenwald, und Kiefern begnügen sich mit etwas mehr als der Hälfte jener Stoffe, welche die Buchen in Anspruch nehmen. Hierin ist einer der merkwürdigsten Gegensätze zwischen Feldbau und Forstwirthschaft gegeben. Der Feldbau erschöpft den Boden vorzugsweise an Kali und Phosphorsäure, die Forstwirthschaft raubt ihm insbesondere den Kalk (Fresenius).

Fluorcalcium schadet der Haferpflanze, während es in der Gerste vorkommt. (James Müller und Blake.) Kochsalz wirkt nachtheilig auf Buchweizen, während es bei gleichzeitiger Anwesenheit von Dammerde für Gerste und Hafer nützlich ist (E. Wolff).

Roher Gyps, salpetersaures Kali, salpetersaures Ammoniak und schwefelsaures Natron sind nach Isidore Pierre die fruchtbarsten mineralischen Düngmittel für Klee, und zugleich, trotz dem hohen Preise der salpetersauren Salze, die billigsten im Vergleich zum Ertrage.

Kohlensaures Kali ist ein vortrefflicher Dünger für Runkelrüben, indem es ihren Zuckerertrag vermehrt, während thierischer Dünger die Menge des letzteren herabdrückt und dafür die der salpetersauren Salze steigert (Herth).

Die Thatsache, daß unsere Getreidesamen so auffallend reich sind an stickstoffhaltigem Kleber, an Phos-

phorsäure und Bittererde, veranlaßte Pierre zu versuchen, ob nicht ein Doppelsalz, welches Phosphorsäure, Bittererde und Stickstoff in der Form von Ammoniak in sich vereinigt, auf die Ergiebigkeit der Erndten fruchtbar wirken würde. Es zeigte sich in der That, daß phosphorsaures Bittererde-Ammoniak, in einer Menge von 150 bis 500 Kilogramm dem Hektar zugesetzt, eine außerordentlich günstige Wirkung entfaltet. Weizenkörner wurden in Folge jenes Zusatzes um 3 Procent schwerer, und der Ertrag des Buchweizens wurde reichlich versechsfacht.

Verschiedene Pflanzenarten erfordern also bestimmte Mineralbestandtheile im Acker, die, wenn sie fehlen, durch die Kunst ergänzt werden müssen.

Hiernach kann die Aufgabe des Landwirths auf doppelte Weise gelöst werden. Entweder wird der Acker als gegeben betrachtet, und dann hat man je nach dem Acker die Frucht zu wählen. Oder aber die zu erzielende Erndte wird als feststehend angenommen, dann hat man den Dünger je nach der Beschaffenheit des Bodens und den Bedürfnissen des Gewächses einzurichten.

Da zum Beispiel nach Bousfingault Kartoffeln und Runkelrüben beide dem Boden eine außerordentliche Menge von Kali entziehen, so wird es unzweckmäßig sein, auf einem Acker, dessen Kaligehalt durch Kartoffeln erschöpft ist, Runkelrüben zu bauen.

Man wählt im Einklang mit der Beschaffenheit des Ackers eine andere Frucht, die nicht auf Reichthum an Kali angewiesen ist, oder verbessert den Boden durch Brachfrüchte, die kurz vor der Blüthe eingeackert werden. Letztere theilen den höheren Schichten der Erde die Salze mit, welche ihre Wurzeln aus der Tiefe aufgenommen haben. Während der Brache aber ist außerdem die Verwitterung thätig; es werden neue Mengen von kieselsaurem Kali neuen Ernten zur Verfügung gestellt.

Auf dieser Kenntniß der Bedürfnisse der einzelnen Pflanzen beruht das Geheimniß der Wechselwirthschaft, der Brache, und es ist Liebig's unsterbliches Verdienst, daß er in der fruchtbarsten Weise den hierher gehörigen dunklen Erfahrungssätzen wissenschaftliche Gründe untergebreitet, an die Stelle des Geheimnisses ein offen erkanntes Naturgesetz gebracht hat.

Im Weinberg ist das Verhältniß umgekehrt, mit dem Acker verglichen. Er soll Jahr ein Jahr aus Trauben liefern. Die Wahl der Pflanze richtet sich nicht nach dem Boden, also muß der Dünger der Rebe entsprechen. Darum bringen wir mit dem Kuhmist kohlensaure Alkalisalze in den Weinberg. Denn fehlen diese so weit, daß der Weinstock die erforderliche Menge für Blatt und Rebe nicht aufnehmen kann, dann hilft keine Sonne einen guten Jahrgang zu erzeugen.

Ohne Rebe und Blätter keine Trauben. Nichtsbestoweniger ist es in manchen Fällen von Belang zu wissen, daß der eine Bestandtheil den Stengel, der andere die Frucht begünstigt. So wird nach Wolff durch kohlensaures Kali das Wachsthum aller Theile befördert, die vorzugsweise Zellstoff enthalten, die Entwicklung von Blatt und Stengel, während phosphorsaure Salze das Gedeihen der Frucht bewirken. Es ist bekannt, daß die Frucht in allen Fällen durch ihren Reichthum an Phosphorsäure und an Eiweiß ausgezeichnet ist. Phosphorsaure Salze und eiweißartige Körper sind die Ursachen, weshalb kein anderer Pflanzentheil mit der Frucht des Weizens, mit dem Samen der Hülsenfrüchte verglichen werden kann. Der Ackerbau, sofern er sich mit dem unmittelbarsten Bedürfniß, mit der Ernährung des Menschen befaßt, kennt keine höhere Aufgabe, als die Erzeugung von Eiweiß und das Sammeln von phosphorsaurem Kali und den phosphorsauren Verbindungen des Kalks und der Bittererde.

So wird es denn verständlich, warum das Streben der Zeit immer bewußter darauf gerichtet ist, im einzelnen Fall den rechten Mineraldünger zu erkennen. Und wenn wir uns bei der stets wachsenden Bevölkerung die Möglichkeit denken, daß Mangel an phosphorsaurem Kalk, Mangel an Knochenerde, eintreten sollte, dann gewinnen die Entdeckungen der Lager von

Knochenstein, von phosphorsaurem Kalk, in der Wetterau und in Estremadura ihre höchste Bedeutung.

Der Mineraldünger nützt indeß nicht bloß durch die Salze als solche. Der kohlensaure Kalk, die kohlensauren Erden überhaupt, die kohlensauren Alkalisalze geben in der Wärme Kohlensäure ab. Unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen verliert der kohlensaure Kalk des Mergels erst Wasser und dann Kohlensäure, die zugleich mit dem Wasserdampfe fortgerissen wird. So entstehen nach und nach Verbindungen, die mehr Kalk als früher enthalten, ein Kalksalz, in dem der Kalk über die Säure vorherrscht, ein basisches Kalksalz. (Jacquelain).

Im Winter nimmt das basische Salz wieder mehr Kohlensäure auf, und dadurch ist für den Sommer eine neue Quelle von Kohlensäure gegeben.

Dieser Einfluß des Mergels und anderer Körper, die kohlensaure Salze führen, steigt mit der Wärme. Er kommt bei dem üppigen Wachsthum zwischen den Wendekreisen in Betracht.

Hierdurch wird die Wirkung des Düngers erklärt, der in Nord-Deutschland unter dem Namen Post bekannt ist. Der Post besteht aus einer Pflanze, aus Chara-Arten, die nach Schulz-Fleeth durch ihren außerordentlichen Reichthum an kohlensaurem Kalk ausgezeichnet sind. Man bringt diese Pflanzentheile im

Herbst auf den Acker und läßt sie den Winter über verwittern. Da es nun dem betreffenden Boden an kohlensaurem Kalk nicht fehlt, so kann der Post nicht wirken durch sein Kalksalz. Er ist wie der Mergel eine Quelle von Kohlensäure, welche die Entwicklung der organischen Grundlage der Pflanzen befördert.

Abgesehen von der unmittelbaren Wirkung durch ihre anorganischen Bestandtheile, nützen also Mergel und Post und andere Verbindungen, die kohlensauren Kalk enthalten, durch die im Sommer sich ereignende Abgabe von Kohlensäure, welche selbst ein Mittel ist, den kohlensauren Kalk und andere an sich unlösliche Körper im Wasser zu lösen.

In solcher Weise wird der Boden selbst eine Quelle von Kohlensäure. Aber ebenso wie die Kohlensäure, und mehr noch, ist das Ammoniak der Erde von Bedeutung.

Jeder thierische Dünger, und namentlich der Harn, bereichert den Ammoniakgehalt des Bodens.

Die Pflanzen, die für den Ackerbau am wichtigsten sind, die Getreide, welche den Menschen treuer, oder mindestens ebenso treu begleiten, wie die treuesten Hausthiere, die Erbsen, Bohnen und Linsen, sind so reich an Stickstoff, an Eiweiß, das diesen Stickstoff enthält, daß wir künstlich Ammoniak zuführen müssen, um unser Bedürfniß durch diese Pflanzen zu decken.

Daß Kartoffeln auch bei der reichlichsten Düngung wenig Stickstoff liefern, beweist nichts gegen die Wirkung des Düngers, sondern nur gegen die Fähigkeit der Kartoffelpflanze, eine reichliche Eiweißmenge in ihren Wurzeln zu erzeugen. Ohne Dünger vermag der Weizen nicht den Ueberfluß zu bereiten, den wir in guten Jahren segnen.

Eben deshalb ist auch jedes Mittel so wichtig, welches das an sich flüchtige Ammoniak in der Erde zu fesseln vermag. Liebig hat in diesem Sinne auf die Bedeutung des Gypses aufmerksam gemacht. Gyps ist eine Verbindung von Kalk und Schwefelsäure, welche kohlensaures Ammoniak in kohlensauren Kalk und in das nicht flüchtige schwefelsaure Ammoniak verwandelt. Mène hat gezeigt, daß sich der Gyps durch andere schwefelsaure Salze, durch freie Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure ersetzen läßt. Natürlich, weil alle diese Säuren gleichfalls das Ammoniak zu binden vermögen.

Eine besondere Bedeutung gebührt unter diesen Säuren der Schwefelsäure, insofern sie den Pflanzen den Schwefel für ihre Eiweißkörper zuführt. Darauf beruht hinwiederum zum Theil der Nutzen des Gypses. Die Schwefelsäure desselben wird, wie Kohlensäure und Wasser, in der Pflanze ihres Sauerstoffs beraubt, und während sich der Schwefel mit Stickstoff, Kohlenstoff,

Wasserstoff und Sauerstoff zu Eiweiß verbindet, wird der Kalk des Gypses an Kleesäure gebunden, die in der Pflanze selbst gebildet wird. Dieser kleesaure Kalk, der sich in den Pflanzensäften nicht gelöst erhalten kann, wird krystallinisch abgeschieden, und in Folge dessen die giftige Kleesäure unschädlich gemacht (Holzner).

Für die Zufuhr von Ammoniak sind indeß Dammsäure und Quellsäure nicht minder wichtig als der Gyps. Dammsaures Ammoniak bietet der Pflanze Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in Verhältnissen, die zur Entwicklung des Eiweißes günstig erscheinen. Darum ist der Ertrag einer Wiese bedeutender, wenn sie mit einer Quelle bewässert wird, welche reich ist an quellsaurem und quellsatzsaurem Ammoniak, als wenn man die gleiche Wassermenge einer Quelle entnommen hat, die verhältnißmäßig arm an diesen Salzen ist (Chevandier und Salvétat).

Wenn man aber auch ganz absieht von dem, was der Acker durch organische Beimischungen zur Entwicklung der Pflanzen beiträgt, so ergiebt sich doch aus den mitgetheilten Thatsachen, daß die Bodenbestandtheile auf vielfache und eingreifende Weise in die Entwicklungsgeschichte des Pflanzenlebens verflochten sind.

In der unmittelbarsten Weise tritt die Kieselsäure als ein Baustoff in den Pflanzenzellen auf. Nicht bloß in den Oberhautzellen, sondern auch in dem inneren

Zellgewebe der Blätter und Stengel zahlreicher Pflanzen finden sich Kieselsäuretheilchen gleichsam in den Zellstoff eingesprengt, so daß jene ebenso gut zu dem Aufbau der Zellwand beitragen, wie dessen organische Grundlage. Oft ist die Menge dieser Kieselsäure so groß, daß man geradezu von Verkieselung der Pflanzentheile spricht (Hugo Mohl). Kohlensaurer Kalk scheint in vielen Fällen diese Rolle der Kieselsäure zu übernehmen. Und in diesen Beispielen ist es am deutlichsten, daß sich die organischen Gebilde nur scheinbar von der Erde ablösen.

Auf einem kleinen Umwege betheiligt sich der schwefelsaure Kalk noch inniger an dem Aufbau des Pflanzenleibes, indem er mit seinem Schwefel unmittelbar in die Zusammensetzung der Eiweißkörper eingeht.

Vielleicht ist die Bedeutung des Eisens für den grünen Farbstoff der Pflanzen nicht minder unmittelbar, jedenfalls aber hängt die Bildung jenes geschäftigen Zerlegers der Kohlensäure durchaus von der Zufuhr von Eisensalzen ab. Diese Eisensalze können nicht bloß durch die Wurzel, sondern ebenso gut durch die Blätter aufgenommen werden. Wenn man bleichsüchtige Blätter rechtzeitig mit einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxydul bestreicht, dann sieht man dieselben nach wenig Tagen aufs Neue ergrünen (Gris, Risse, Sachs).

Der Kalk, der als Schwefelträger gedient hat, bindet dann später Erzeugnisse, die aus der Rückbildung in der Pflanze hervorgehen. Es ist aber nicht unwahrscheinlich, daß die Entstehung organischer Säuren in der Pflanze, die so häufig an Kalk gebunden sind, gerade durch die Anwesenheit von frei werdendem Kalk bedingt oder erleichtert wird. Kleesaurer und mohnsaurer Kalk, von denen oben die Rede war, wären sonach nur Nebenerzeugnisse, die bei der Bildung von Eiweißkörpern entstehen. Wenn aber Kalk Kleesäure bindet, so verwandelt er einen dem Pflanzenleben feindlichen in einen ganz unschuldigen Körper.

Kalisalze sind für das Wachsthum der Pflanzen so wichtig, daß schon de Sauſſure den Satz aufstellte, der Kaligehalt einer Pflanze sei als ein Maaß für die Lebhaftigkeit ihrer Entwicklung zu betrachten. Seit lange weiß man, daß die große Mehrzahl der Pflanzen in dem Haushalt der Natur als die Kalisammler an der Erdrinde betrachtet werden kann. Und diese Thatsache ist unserer Aufmerksamkeit schon um deswillen werth, weil auch unser Blut und Fleisch dieser Kalisalze schlechterdings bedürfen. Wir wissen ferner, daß gerade die Pflanzentheile, die viel Stärkemehl und Zucker enthalten, auch reich an Kalisalzen sind, jedoch die Art und Weise, in der sie eine der

Pflanze und der Erzeugung von Stärkemehl und Zucker so wichtige Rolle spielen, ist bisher nicht aufgeklärt.

So viel aber liegt klar vor Augen, der Boden ist der erste der großen irdischen Einflüsse, nach denen sich Pflanzen, Thiere, Menschen richten. Auf den Hochebenen der Anden sind Kornfelder, die seit zwei Jahrhunderten jährlich reichliche Erndten geben. Mais wird in Peru, und selbst im südlichen Europa, mit dem besten Erfolg ohne Unterbrechung gebaut. Bei uns gedeiht der Weizen nur vermöge einer vernünftigen Wechselwirthschaft In Virginien kann auf dem erschöpften Boden weder Weizen noch Tabak gebaut werden.

Wegen der Mannigfaltigkeit in dem Gemenge der anorganischen Bestandtheile, die sich an dem Aufbau der Pflanzen betheiligen, hat jeder Boden seine eigene Flora, die den Menschen mit der Muttererde verknüpft. Durch die Pflanzen hängen wir unmittelbar mit dem Acker zusammen. Die Pflanzen sind unsere Wurzeln, durch welche wir Eiweiß für's Blut und phosphorsauren Kalk für unsere Knochen aus dem Felde saugen. Und so gewinnt es eine tiefe, stoffliche Bedeutung, wenn es heißt, daß der Mensch an der Scholle klebt. Die Gesittung gehört zu den Wirkungen des Bodens, die man vielfach übersieht, weil man entweder hochmüthig nicht hinter die nächste Ursache forschen will, oder demüthig sich mit der allerfernsten begnügt.

VIII.

Pflanzen und Thiere.

„Die Pflanzenfresser genießen ähnliche Nahrung „wie die Fleischfresser; sie genießen beide Eiweißstoff, „jene von Pflanzen, diese von Thieren; der Eiweiß„stoff ist aber für beide gleich."

Mit diesen einfachen Worten verkündigte Mulder im Jahre 1838 eines der wichtigsten Gesetze, die das neunzehnte Jahrhundert zu Tage gefördert, denn seit dem Mulder'schen Gesetze ist die Lehre der Ernährung in einen neuen Zeitraum eingetreten.

Durch die Fähigkeit der Pflanzen, aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, mit Hülfe einiger Salze, Eiweiß, d. h. den Körper zu bereiten, der auf der höchsten Stufe organischer Mischung steht, wird der Luftgürtel, der unsere Erde umgiebt, immer neu in den Kreis des irdischen Lebens gezogen.

Aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser bilden die Pflanzen Eiweiß, aus Kohlensäure und Wasser Zucker und Stärkmehl, aus Stärkmehl Fett.

Eiweiß, Zucker und Fett sind die wichtigsten organischen Nahrungsstoffe der Thiere. Thiere und Menschen können mittelst der Pflanzen aus Kohlensäure, Ammoniak und Wasser nebst einigen Salzen des Bodens hervorgehen.

In so wesentlicher Weise ist die Luft an der Erschaffung der Erde betheiligt. Indem die Pflanze Kohlensäure und Wasser verwandelt in Zucker und Fett, vermittelt sie die Auferstehung des thierischen Lebens, das ganz, wie der biblische Mythus es lehrt, aus Luft und Erde gezeugt wurde, aber durch die allmächtige Hülfe der Pflanzen.

Allein die Pflanzen schaffen auch die Luft. Die Kohlensäure, die ihren Namen Pflanzenmutter verdient durch den überwiegenden Antheil, den ihr Kohlenstoff an der Bildung des Pflanzenleibes hat, wird im Licht von der Pflanze zerlegt; ihr Sauerstoff wird von der Pflanze ausgehaucht. Aber auch Stickstoff wird in gleicher Weise von den Pflanzen ausgeschieden. Wasserpflanzen, die in Wasser wachsen, welches keinen Stickstoff enthält, entwickeln dennoch eine bedeutende Menge dieses Gases auf Kosten ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile (de Saussure, Draper, Cloëz und Gratiolet, Ad. und W. Knop).

Sauerstoff und Stickstoff sind jedoch die Hauptgase in dem Gemenge, das wir atmosphärische Luft nennen.

Jener Sauerstoff ist unablässig thätig an der Verbrennung von Pflanzen und Thieren.

Alle Theile der Pflanzen nehmen sowohl bei Tag wie in der Nacht Sauerstoff auf, und dieser Sauerstoff bewirkt eine allmälige Verbrennung ihrer organischen Stoffe. Das gilt nicht bloß für Pilze und Schwämme, nicht bloß für Wurzeln und Blüthen, es gilt auch für alle grünen Pflanzentheile. Diese langsame Verbrennung ist in den Pflanzen, wie in den Thieren, als eine Quelle von Kraftäußerung zu betrachten. Gerade zur Zeit erhöhten Lebens, beim Keimen des Samens, bei dem Entfalten der Knospe, der Befruchtung in der Blüthe ist die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure gesteigert (Bouffingault, Vogel, Garreau, de Saussure). Es wird in Folge dieser Verbrennung aber nicht blos Kohlensäure, sondern auch Wasser gebildet (Vogel, Oudemans und Rauwenhoff).

Unstreitig ist aber der Eingriff des Sauerstoffs in das Leben der Thiere viel mächtiger. Das Athmen von Thieren und Menschen ist eine fortwährende Verbrennung. Der Sauerstoff, den wir einathmen, verbrennt das Blut zu Geweben, die Gewebe allmälig zu Kohlensäure, Wasser und Harnstoff. Und zwar wird durch Licht diese Verbrennung im Thierkörper befördert. Ich habe durch zahlreiche Versuche an Fröschen

gefunden, daß ein gleiches Gewicht des Körpers dieser Thiere in derselben Zeiteinheit im Licht eine größere Kohlensäuremenge liefert als im Dunkeln.

Pettenkofer und Voit fanden, daß auch der Mensch, bei ruhiger Beschäftigung sowohl, wie bei angestrengter Arbeit, in den zwölf Tagesstunden mehr Kohlensäure ausathmet, als in ebenso viel Stunden der Nacht. Dieser Unterschied ist um so wahrscheinlicher zum Theil auf eine unmittelbare Einwirkung des Lichts auf den Stoffwechsel zurückzuführen, als ich auch bei geblendeten Fröschen die Menge der ausgehauchten Kohlensäure für gleiche Zeit- und Gewichtseinheiten im Lichte größer fand als im Dunkeln. Allerdings war der Unterschied nicht so groß wie bei unversehrten Thieren, und deshalb darf man annehmen, daß die Versuchsperson von Pettenkofer und Voit bei Tag einen geringeren Ueberschuß an Kohlensäure geliefert haben würde, wenn sie statt zu lesen und Uhren zu putzen ruhig geschlafen hätte.

Wie dem auch sei, ein Eingriff des Sauerstoffs, der sich immer als Verbrennung kundgiebt, herrscht in den weitesten Kreisen bei Pflanzen und Thieren.

Hiermit fällt eine Eintheilung, die in neuerer Zeit wiederholt beliebt zu werden drohte, als wenn man die Pflanzen als stoffbereitende Naturkörper den Thieren als verzehrenden in schroffer Eintheilung gegenüberstellen könnte.

Soweit der Sauerstoff verzehrend wirkt, erliegen Pflanzen und Thiere, jene wie diese, seinem Einfluß. Und es verriethe einen kurzsichtigen Blick, wenn wir im Sauerstoff für das Thier nur eine verzehrende Macht erkennen wollten.

Wenn sich die eiweißartigen Stoffe des Blutes in Gewebe, in Knochen, Knorpel, Muskeln verwandeln, ist so gut eine Aufnahme von Sauerstoff die unerläßliche Bedingung, wie wenn der Muskel in Kohlensäure, in Wasser und Harnstoff zerfällt. Der Körper des Menschen gedeiht nur im Licht, aus demselben Grunde, aus welchem beleuchtete Frösche mehr Kohlensäure erzeugen als solche, die im Finstern sitzen. In der Finsterniß wird bloß mehr Fett aufgespeichert, welches unter dem Einfluß des Lichts rascher in Kohlensäure und Wasser zerfällt; hieraus erklärt sich die Erfahrung, daß Gänse im Dunkeln leichter gemästet werden.

Anbildung und Rückbildung reichen sich die Hand; sie verrathen ihre Verwandtschaft durch das gleiche Verhältniß zum Sauerstoff.

Es wäre deshalb einseitig, wenn man einen allgemeinen, durchgreifenden Unterschied auf den Ausspruch gründen wollte, daß die Pflanzen bereiten, was die Thiere verzehren. Solche schroffe Eintheilungen sind gewöhnlich Ausgeburten einer befangenen Vorstellung zweckmäßiger Natureinrichtung. Die Anschauung der

Natur als einer Anstalt, welche den Zweck hat, in Fächer des menschlichen Hirns eingetheilt zu werden, und das Uebertragen dieser Zweckbestimmung auf die zur Person herabgewürdigte Natur, welche die Pflanzen schafft, um Nahrung für die Thiere zu bereiten, und den Menschen, um für die Pflanzen zu athmen, ruhen auf einer und derselben schmalen Grundlage einer kindlichen Schulneigung des Verstandes.

Betrachten wir aber Pflanzen und Thiere in dem großen Haushalt des organischen Lebens, in den immer wechselnden und immer in einander greifenden Beziehungen, die uns gern bereit finden, allem Spiel der Eintheilung zu entsagen, dann kann uns freilich ein großer Gegensatz nicht entgehen, welcher der Pflanze eine niedere Stufe der Thätigkeit zuweist.

Darin liegt der Kern des Pflanzenlebens, daß es Luft und Erde organisirt. Der Leib der Pflanze, soweit er aus festen Stoffen zusammengesetzt ist, besteht großentheils aus Zellstoff, aus einer Verbindung, welche Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff genau in derselben Menge wie das Stärkmehl, nur in anderer Lagerung enthält. Alle jugendlichen Zellwände sind in der Pflanze durch Zellstoff gebildet.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß dieser Zellstoff aus Kohlensäure und Wasser hervorgeht.

Kohlensäure und Wasser sind aber außerordentlich

viel reicher an Sauerstoff als Zellstoff, als Stärkmehl und Zucker. Wenn also Zellstoff aus Kohlensäure und Wasser entsteht, dann müssen diese beiden nothwendiger Weise einen bedeutenden Verlust an Sauerstoff erleiden. Schon hieraus begreift sich, warum die Pflanze Sauerstoff austauscht gegen die Kohlensäure, welche sie aufnimmt.

Ausscheidung von Sauerstoff ist der erste Grund und die oberste Bedingung des Lebens, des Wachsthums der Pflanze.

Die eigenartige Verbindung von Kohlensäure, Wasser und Ammoniak zu Zellstoff, Fett und Eiweiß, durch welche die Pflanze den Stoff auf die Stufe organischer Mischung erhebt und zu organisirten Formen entwickelt, ist unzertrennlich mit einer Ausscheidung von Sauerstoff vergesellschaftet.

In diesem Sinne kann man sagen, daß die höhere Entfaltung des Stoffs zu organischem Leben und Verarmung an Sauerstoff gleiche Bedeutung haben.

Ganz anders im Thier. Schon im Blut verbrennt das Eiweiß und liefert nach und nach Verbindungen, welche zu den wichtigsten Bestandtheilen unserer Gewebe, zu den ächten Gewebebildnern gehören. Eine solche Verbindung von Eiweiß mit Sauerstoff findet sich in der Haut des ungeborenen und des neugeborenen Kindes und verwandelt sich nach und nach in Bindestoff, der aus derselben leimgebenden Grund-

lage wie die Knochen besteht. Wenn man diesen Bindestoff oder Knochen kocht, gewinnt man Tischlerleim.

Entwicklung des Bluts, Fortbildung der Blutbestandtheile zu Geweben sind also an eine Aufnahme von Sauerstoff geknüpft. Denn die Verbrennung ist ja nichts anderes, als eine Verbindung mit Sauerstoff, die durch die Langsamkeit, mit welcher sie erfolgt, von ihrem Wesen nichts einbüßt.

Letzte Folge dieser Verbrennung, die in der That nur sehr allmälig vor sich geht, erst Hirn und Muskeln bildet, und nach und nach hier über zahlreiche Zwischenstufen weiter führt zur Bildung von Harnstoff, von Kohlensäure und Wasser, ist allerdings ein Zerfallen des Stoffs. Wir sehen die Bestandtheile des Thierkörpers von der Stufe organischer Mischung, welche sie durch das Pflanzenleben erstiegen hatten, zurückkehren zu formloser Luft und chaotischer Erde.

In diesem Sinne, aber auch nur in diesem Sinne, kann man sagen, daß die Pflanzen bereiten, was die Thiere verzehren. Die geringfügigen Umwandlungen, welche das Thier den pflanzlichen Stoffen ertheilt, um seinen Leib daraus zu bauen, ruft andere Eigenschaften der Materie in den Vordergrund. Je mehr ein Körper durch die bloße Organisirung der stofflichen Welt in Anspruch genommen wird, desto geringfügiger ist die Thätigkeit, welche die Bewegung seines

Stoffs nach anderen Seiten entfaltet. Die Pflanze denkt nicht.

Wir dürfen es demnach als einen wesentlichen, das innerste Getriebe des Lebens betreffenden und doch nicht ausschließenden Unterschied zwischen Pflanze und Thier bezeichnen, daß jene vorzugsweise daran arbeitet, den Stoff seines Sauerstoffs zu berauben, während dieses ihn nach und nach der vollendeten Verbrennung preisgiebt.

So groß ist diese Neigung auf beiden Seiten, daß die kräftigste Entziehung von Sauerstoff, wie sie der Scheidekünstler mit seinen mächtig eingreifenden Hülfsmitteln zu Stande bringt, von der Pflanze, die höchsten Vorgänge der Verbrennung von dem Thier vollzogen werden.

In der Pflanze werden salpetersaure Salze des Silbers und Queckſilbers in den sauerstofffreien Zustand des Metalls zurückgeführt (Vogel).

Die Bildung des Salpeters, eines Salzes, das aus Salpetersäure und Kali oder aus Salpetersäure und Natron besteht, ereignet sich in der Natur durch eine Verbrennung von Ammoniak. Wenn Ammoniak sich mit Sauerstoff verbindet, entstehen Salpetersäure und Wasser, um so leichter, wenn die Salpetersäure ein freies Alkali, Kali oder Natron vorfindet, mit dem sie sich zu einem Salze paaren kann.

Wenn wir eine Verbindung des Ammoniaks mit dem Chlor in das alkalische Blut bringen, dann geht die Bildung von Salpetersäure im menschlichen Körper vor sich. Man findet das Ammoniak im Harn als Salpetersäure wieder. Während der Genuß von weinsaurem Kali den Harn in kurzer Zeit alkalisch macht, bleibt er sauer, wenn wir weinsaures Ammoniak oder kohlensaures Ammoniak genossen haben. Das Ammoniak wird in der Form von Salpetersäure und Wasser mit dem Harn entleert (Bence Jones).

Mit Rücksicht auf jene Sauerstoffausscheidung der Pflanze und die Verbrennung im Thier kann man behaupten, daß die Kraft des Lebens bei der Pflanze durch den Sauerstoff, beim Thier durch die Kohlensäure gemessen wird, die sie in die Luft entwickeln.

Durch den Sauerstoff, den die Pflanze aushaucht, athmet das Thier; von der Kohlensäure, welche das Thier gegen Sauerstoff vertauscht, lebt die Pflanze. Die Reinigung der Luft durch die Pflanzen beruht auf der Entwicklung von Sauerstoff.

Man hat hin und wieder die Besorgniß ausgesprochen, als könnte nach Jahrhunderten, nach Jahrtausenden eine Zeit hereinbrechen, in welcher die Pflanzenwelt der Erhaltung des thierischen Lebens nicht mehr genügte, weil es nicht mehr Bäume genug geben sollte, deren Blätterkrone die Luft reinigt. Die Menge des

Sauerstoffs, welche die Pflanzen aus zersetzter Kohlensäure entwickeln, sollte zu klein sein, um das Athmungsbedürfniß des Menschen zu befriedigen. Man stellte sich also vor, die pflanzenfressenden Thiere würden nach und nach die Pflanzenwelt, die Fleischfresser die Pflanzenfresser aufzehren.

Keine Vorstellung erliegt rascher einer besonnenen Ueberlegung. Es ist eine der wichtigsten Folgerungen der Wägungen des Scheidekünstlers, daß kein Stofftheilchen verloren gehen kann, das innerhalb des Kreises der Anziehung unserer Erde gegeben ist. Die Menge des Stickstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs, des Schwefels und Phosphors, welche die organischen Stoffe der lebenden Naturkörper zusammensetzen, ist keinem Schwanken unterworfen. Nur die Vertheilung wechselt. Das Fortleben eines neugebornen Thiers, eines Säuglings, ist nicht denkbar, ohne daß es eine andauernde Ernährungsquelle der Pflanzen darstellt, durch die Kohlensäure, die von beiden ausgeathmet wird.

Die Verschiedenheit der Thier- und Pflanzenarten äußert sich weit weniger durch die Mengen des Stickstoffs, des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, des Sauerstoffs, Schwefels und Phosphors, die in den Einzelwesen der Arten vorkommen, als durch die verschiedenen Verhältnißzahlen, nach welchen jene Grundstoffe

mit einander verbunden sind. Aber diese Verhältnißzahlen setzen als letzten Grund gewisse anorganische Stoffe voraus, Kochsalz, Bergkrystall, Knochenerde, die bald durch ihr einfaches Vorhandensein, bald durch ihre Menge die eigenthümlichen Verbindungen der organischen Körper bedingen.

Kochsalz, Bergkrystall, Knochenerde und wie sie sonst heißen mögen, die anorganischen Stoffe, welche in das Leben von Pflanzen und Thieren artbedingend eingehen, sind nicht nur in mächtigen Schichten in der Erdrinde angehäuft, sie sind auch in reichen Vorrathskammern über der Erde aufgespeichert. Diese Vorrathskammern sind die Leiber von Pflanzen und Thieren; sie sind unerschöpflich, weil die Formen von Thier und Pflanze zerbrechlich sind.

Wir verbrennen einen Fichtenwald, und sehen an derselben Stelle später ein Kornfeld blühen. Unter Beihülfe der Asche der verbrannten Heidekräuter verwandeln wir Heide nach und nach in Ackerland. Das Kali, der Kalk, die Bittererde, die Phosphorsäure, welche in den Fichten und Heidekräutern vorhanden waren, bestimmen die Kohlensäure und das Ammoniak der Luft, den niederfallenden Regen zu neuen Verbindungen, sie paaren sich mit diesen zur Grundlage des Leibes von Nährpflanzen.

Der Kalk, die Bittererde, das Kali, die Phosphor-

säure und Schwefelsäure, die in jenen Pflanzen oder in Steinarten vorhanden sind und die Entstehung nützlicher Gewächse veranlassen, finden sich in überwältigender Menge angehäuft in den Urwäldern Amerikas. Indem man diese lichtet, indem man ihren Kalk, ihr Kali, ihre Phosphorsäure über den Erdboden zerstreut, werden unsere Nährpflanzen und Hausthiere neue Werkzeuge gewinnen, um Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zu ihren organischen Verbindungen zu vereinigen. So werden die Urwälder Amerikas nach und nach in Feldfrüchte, in Hausthiere und neue Menschen umgesetzt. Und jeder Tag begrüßt die Welt als neu gebildet, ihre Stoffe in neuer Vertheilung, so weit, daß es nur Neues, ewig Neues unter der Sonne giebt.

Nie aber kann der Mensch die Thiere, das Thier die Pflanzen bis dahin verzehren, daß es an grünen Blättern fehlen könnte, die Luft zu reinigen. Während des Lebens und nach dem Tode verwandeln sich Mensch und Thier in Stoffe, die nur Pflanzen Nahrung bieten können. Die Pflanzen allein können aus diesen Nahrungsstoffen die Verbindungen bereiten, aus welchen der Leib von Menschen und Thieren sich aufbaut.

Erst neuerdings hat ein genauer und gründlicher Forscher die Schwankungen beobachtet, welche die Luft in Neu-Granada in Folge der alljährlichen großen Waldbrände erleidet, die bei den Eingeborenen las

quemas heißen. Die Menge der Kohlensäure der Luft kann durch diese Feuersbrünste sich um das Zehnfache steigern, und der Sauerstoff erleidet eine entsprechende Verminderung. Der Zellstoff und die Holzstoffe des Waldes haben ihren Kohlenstoff auf Kosten des Sauerstoffs der Luft in Kohlensäure verwandelt. Diese Kohlensäure gereicht dem Korn und den Erbsen zur Nahrung (Lewy).

Ohne Kohlensäure ist üppiges Wachsthum der Pflanze nicht möglich. Das Athmen der Thiere erfordert den Sauerstoff der Luft. Aber der Sauerstoffgehalt der Luft kann wechseln; es kann namentlich der Stickstoff des Dampfkreises, der die Erde umgiebt, durch Wasserstoff ersetzt, die Menge der Kohlensäure bedeutend vermehrt werden, ohne daß Athemnoth eintritt, so lange noch Sauerstoff genug vorhanden ist (Regnault und Reiset). Noch besser können die Pflanzen ausdauern in einer Luft, die nur aus Wasserstoff oder Stickstoff besteht, aber nur unter der Bedingung, daß sie, mit grünen Theilen ausgerüstet, einige Stunden des Tags der Einwirkung des Lichts ausgesetzt werden (de Saussure). Dann bereiten die Pflanzen sich selbst aus der schon in ihren Säften vorhandenen Kohlensäure den Sauerstoff, an dessen Gegenwart ihre Lebensäußerungen gebunden sind, und dieser Sauerstoff führt durch Verbrennung organischer Be-

ſtandtheile der Pflanze zur Bildung von Kohlenſäure, die ihrerſeits, ſo lange das Tageslicht die Pflanze beſcheint, zu ihrer Nahrung gereicht. Das Verhältniß der Gaſe der Luft könnte alſo ziemlich beträchtliche Schwankungen erleiden, ohne dem Leben von Pflanzen und Thieren gefährlich zu werden. Allein durch den Gegenſatz dieſer beiden ſind die Schranken, in denen der Wechſel möglich iſt, verhältnißmäßig eng gezogen. Die jetzige Weltordnung beſteht nur durch den jetzigen Dampfkreis.

So bedeutungsvoll nun auch die Sauerſtoff entwickelnde Kraft die Pflanze dem in immerwährender Verbrennung begriffenen Thier entgegenſetzt, ſo wenig iſt dieſer Gegenſatz ausſchließlich, das heißt demnach, ſo wenig kann er eine Eintheilung begründen.

Wir haben bereits geſehen, daß die Pflanze der Verbrennung nicht entgeht. Bei Tag und bei Nacht athmen die Pflanzen, das heißt ſie nehmen Sauerſtoff auf und hauchen Kohlenſäure aus. Keimen und Blühen ſind durch eine verhältnißmäßig mächtige Verbrennung ausgezeichnet. Bei Tag läuft die Bildung von Kohlenſäure mit deren Zerſetzung Hand in Hand, nur daß die letztere ſo ſehr über die erſtere vorherrſcht, daß eben dadurch das Wachsthum der Pflanzen bedingt iſt. In der Nacht wird jedoch die Zerſetzung der Kohlenſäure unterbrochen. Sie ſtockt bereits im Schat-

ten, in der Dämmerung und an trüben Tagen (Garreau), bei einer Sonnenfinsterniß (Ch. Morren).

Wenn aber in der Pflanze die Aufnahme von Sauerstoff nicht fehlt, so haben wir im Thierreich ein Gegenbild dazu, in den Fällen, in welchen der Stoffwandel auf eine Verarmung an Sauerstoff hinausläuft.

Als Liebig's glänzendste That für die Lehre vom Stoffwechsel ist es mir immer erschienen, daß er die Fettbildung im Thierkörper kennen lehrte. Eine Kuh, die Milch und Butter liefert, erhält in ihrer Nahrung nur so viel Fett, als sie mit dem Koth verausgabt. Sie verdankt das Fett ihrer Butter dem Zellstoff, dem Stärkmehl des Futters. Aus Zellstoff kann im Körper der Pflanzenfresser Stärkmehl, aus Stärkmehl Zucker werden. Auch der Mensch verwandelt Stärkmehl in Zucker, Zucker in Milchsäure, Milchsäure in Buttersäure. Damit ist die Fettbildung eingeleitet, dem Namen Fettbildner für Stärkmehl und Zucker sein Recht gesprochen.

Das Mulder'sche Gesetz der Bereitung von Eiweiß in Pflanzen und das Liebig'sche Gesetz der Fettbildung im Thierkörper sind zwei Errungenschaften, die allein schon im Stande sind, dem Jahrhundert einen würdevollen Platz in der Geschichte der Naturforschung zu sichern. Durch jene Gesetze sind Mulder und Liebig die ersten Begründer einer Lehre vom Stoff-

wechsel, die dem Stoff auf allen Entwicklungsstufen, auf allen Bahnen des großartigen Kreislaufs folgt.

Nur glaube man nicht, daß der Pflanze die Fähigkeit, Fett zu bilden, abgeht. In den öligen Samen, in denen des Wunderbaums*) zum Beispiel, verwandelt sich jedenfalls Stärkmehl oder Zucker in Fett, und es ist nicht unmöglich, daß die Pflanze das Fett auch aus Kohlensäure und Wasser bereitet.

Fettbildung im Thierkörper ist das Gegenstück zu der Verbrennung im Pflanzenleib. Diese Fettbildung beruht durchaus auf einer Verarmung an Sauerstoff.

In Stärkmehl und Zucker, die nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehen, sind die beiden letztgenannten Grundstoffe in demselben Verhältniß wie im Wasser zugegen. Alle Fette enthalten dagegen weit weniger Sauerstoff als diesem Verhältniß entsprechen würde. So wie die Entwicklung des Zuckers im Thier über die Stufe der Milchsäure hinaus bis zur Buttersäure fortschreitet, verliert die ursprüngliche Verbindung beinahe ein Drittel der Sauerstoffmenge, die sie noch als Milchsäure besaß.

Durch die Fettbildung ragt die wichtigste Eigenthümlichkeit des pflanzlichen Stoffwechsels in das Thierleben herein. Wenn im thierischen oder im menschlichen Körper die Fettbildung vorherrscht, sinkt er zur Stufe

*) Ricinus communis.

der Pflanze hinab. Bei Kindern, die von der Geburt an mit Fettsucht behaftet sind, ist mangelhafte Entwicklung des Verstandes als Regel vorhanden (Chambert).

Vegetiren heißt Grundstoffe zu organisationsfähigen Körpern verbinden. Das geschieht mittelst einer Verarmung an Sauerstoff. Fettbildung ist das letzte Glied in diesem Vorgang.

Durch organisirte Verbindungen und deren Verbrennung Empfindung, Bewegung, Gedanken äußern, in den unzähligsten Abstufungen bis zum spurlosen Verschwinden des Gedächtnisses, heißt Thier sein.

Wir denken in Folge des Vegetirens der Pflanze.

IX.

Ernährung und Athmung.

Wo es nur immer gelungen ist, einen Theil des Schleiers zu lüpfen, der das Geheimniß des Lebens verhüllt, drängt sich uns als ein ebenso bewunderungswürdiges wie befriedigendes Merkmal desselben die Stetigkeit der Entwicklung auf.

Nirgends besteht ein eigentlicher Gegensatz zwischen Werden und Vergehen, es ist vielmehr immer das eine durch das andere bedingt, der Uebergang des einen in das andere ein so allmäliger, daß auch die feinste Berechnung der kleinsten Umwandlungen dem Flusse der Erscheinungen keine Unterbrechung abgewinnen kann.

Vor der ruhigen, aber nimmer ruhenden Gewalt dieses Flusses zerrinnen alle Versuche, die einzelnen Vorgänge des Lebens nach Art der verschiedenen Naturkörper zu ordnen und zu sondern. Wer sich in seinen Strom gewagt, verliert seine Freude an scharfen Eintheilungen und bequemen Zweckmäßigkeitsvorstellungen, erhebt sich aber an dem Gedanken, daß das Werden,

dem Borne der Nothwendigkeit entquollen, mit Nothwendigkeit sein Wesen treibt, ohne Ziel und Ende Wesenhaftes erzeugend, daß es immer aus sich selber schöpfend, nur Keime kennt und Früchte nur als Keime. Im Herzen der Natur begiebt sich der stille Lauscher gern der Laune Ziele zu errathen, wenn er nur Ursachen ergründen, das Werdende erleben darf. Ein solcher Forscher dankt es Spinoza und Forster, daß sie alle engherzigen Zweckmäßigkeitsvorstellungen bekämpft und mit fruchtbarster Klarheit überwunden haben, daß ihnen die Natur nicht eine Anstalt, sondern das Weltall war, in dem es überall sprosst und brandet, ohne je mit der Frucht oder dem Tode abzuschließen.

Eine solche Stetigkeit der Einwirkungen und Umwandlungen, wie sie alle Zweckbestimmungen und darauf erbaute Eintheilungen Lügen straft, offenbart uns das Walten des Sauerstoffs im Organismus.

Wenn wir oben sahen, daß die Pflanze ohne Sauerstoffathmung nicht leben kann, und wenn damit aufs Neue eine von den Grenzen fiel, durch welche man die Natur wie eine Landkarte in Reiche einzutheilen strebt, so ist doch unleugbar der Einfluß des Sauerstoffs der Luft für alles thierische Leben um so eingreifender, je höher es sich entwickelt hat. Und der Grad der Entwicklung hat es hier nicht etwa bloß mit der Rangordnung zu thun, welche die einzelnen Thierarten

dem Menschen mehr oder weniger nahe stellt, sondern innerhalb eines einzelnen höheren Thieres, im Menschenleibe selbst, ist wiederum das edelste Organ am strengsten auf die belebende Wirkung des Sauerstoffs angewiesen. Schon im Mutterleibe empfängt das Gehirn das sauerstoffreichste Blut, und im geborenen Menschen hört das Hirn zu denken auf, wenn ihm das Blut keinen Sauerstoff zuführt.

Das Blut ist überhaupt der Saft, welcher in den Lungen und zu einem kleinen Theile in der Haut den Sauerstoff aus der Luft schöpft, um ihn in alle Gegenden des Körpers zu vertheilen. Im Blute aber sind es die Billionen von rothen Körperchen, welche den Sauerstoff binden und in ihrer rastlosen Bewegung ihn allen Werkzeugen zutragen, weshalb sie als eigentliche Sauerstoffträger zu bezeichnen sind.

Insofern es wahrscheinlich ist, daß die Anziehungskraft der rothen Blutkörperchen für den Sauerstoff zu ihrer Oberfläche in geradem Verhältniß steht, und es sich also in diesem Vorgang um eine sogenannte Flächenwirkung handelt, ist die große Gesammtoberfläche, welche den so zahlreichen Blutkörperchen zukommt, von besonderer Bedeutung. In Flächenmaaß ausgedrückt, ist jene Gesammtoberfläche nach den Messungen Welcker's auf 3000 Quadratmeter zu schätzen.

Eben die Kleinheit der Blutkörperchen, deren größter

Durchmesser, bei ihrer auf beiden Flächen ausgehöhlten Scheibenform, nur $^1/_{130}$ Millimeter beträgt, gewinnt nach dieser Betrachtung die höchste Wichtigkeit. Da kleine Körper im Verhältniß zu ihrer Masse eine große Oberfläche besitzen, und die Größe der Oberfläche die Wirksamkeit der Blutkörperchen erhöht, so wird bei diesen Arbeitern, deren Vierordt und Welcker in einem Kubikmillimeter Blutes 5 Millionen zählten, die Kleinheit ein Vorzug. Und in der That besitzen die Fische größere Blutkörperchen als die Säugethiere, und die Lurche wiederum größere als die Vögel.

Wenn man die stickstoffhaltigen Stoffe, die in unserem Blut enthalten sind, mit denjenigen vergleicht, welche die Gewebe unserer Organe zusammensetzen, so findet man, daß während einige derselben in ihren Eigenschaften mit den eiweißartigen Stoffen des Bluts ganz oder nahezu übereinstimmen, andere dagegen, trotz mancher Aehnlichkeit, in so vielen Merkmalen davon abweichen, daß man sie in eine besondere Gruppe als gewebebildende Abkömmlinge der eiweißartigen Körper zusammenstellt. In den Geweben darf auch das überall verbreitete Eiweiß als Vorbild der eiweißartigen Körper gelten; unter den Abkömmlingen finden wir vorzugsweise Horn und Leim.

Leim wird allerdings nicht als solcher in den Geweben des Körpers angetroffen, sondern erst durchs

Kochen der Knochen und Knorpel in zwei Abarten, als Knochen- und Knorpelleim, erhalten, dieser aus seiner wässrigen Lösung durch Essigsäure fällbar, jener nicht. Den Knochenleim kennt Jedermann als den Hauptbestandtheil, welcher die sogenannte Fleischgallerte gestehen macht.

Jene leimgebenden Stoffe haben an dem Aufbau unseres Leibes einen überaus großen Antheil. Um sich zunächst durch einen allgemeinen Ueberblick davon zu überzeugen, bedenke man nur, daß nicht bloß die organische Grundlage der Knochen und Knorpel beim Kochen in Wasser Leim giebt, sondern ebenso alle Sehnen und Häute, und in größerer oder geringerer Menge alle Werkzeuge des Körpers.

Ueberall nämlich werden die feinsten Formbestandtheile unserer Werkzeuge, der Muskeln und Nerven, des Hirns und Rückenmarks, der Drüsen und Gefäße von zarten Scheiden eines einhüllenden Stoffes umschlossen oder durch noch zartere Lagen einer verbindenden Masse an einander gekittet, die selbst beim Kochen Leim giebt. Dieser Bindestoff füllt als Kitt oder Hülle die größte Zahl der feinsten Lücken und Spalten des Körpers aus.

Es gehört aber zu den schönsten Errungenschaften der neueren Zeit, zu deren Erwerbung Virchow und von Recklinghausen den Weg gebahnt, daß jener

Bindestoff aus der gleichgültigen Nebenrolle, die man ihm anfangs zugewiesen, zu einer nicht geahnten fruchtbaren Thätigkeit erhoben ist. Was früher nur zur Ausfüllung oder zu schützender Decke bestimmt schien, erscheint uns nun als das Bett der geheimsten Saftströmchen vom Blut zu den Geweben und aus diesen zurück in die Blutgefäße, und zugleich als eine der wichtigsten Brutstätten junger Zellen, die aus der unentwickelten Jugendgestalt zu den eigenartigsten Gebilden des Körpers sich erheben können.

Ein Gewebebestandtheil, der so wesentlich zur Ernährung und Erneuerung auch des erwachsenen Körpers beiträgt, verdient es wohl, daß wir seiner Menge etwas genauer nachspüren, als es mit der bisherigen allgemeinen Betrachtung geschehen ist. Sehr dankenswerthe Wägungen, durch welche E. Bischoff ermittelt hat, der wievielte Theil des Körpergewichts durch die Hauptwerkzeuge des Leibes gedeckt wird, gestatten es, eine wenn auch nicht ganz sichere, doch annähernd befriedigende Berechnung darüber anzustellen, wie groß die Menge leimgebender Stoffe im erwachsenen Mann sein mag. Bischoff fand

das Knochengerüste. = 15,9
die Muskeln . . . . = 41,8
das Fettgewebe. . . = 18,2
die Brusteingeweide. = 1,7

die Baucheingeweide = 7,2
die Haut . . . . . = 6,9
das Gehirn . . . . . = 1,9

Hundertstel des gesammten Körpergewichts.

Der Mann, an welchem E. Bischoff seine Bestimmungen vornahm, wog 69,668 Kilogramm, ich habe aber die Bischoff'schen Werthe, behufs der folgenden Berechnung, auf das mittlere Gewicht des dreißigjährigen Mannes oder 63,65 Kilo zurückgeführt. In diesem Gewicht vertheilt sich nun der Gehalt an leimgebenden Stoffen etwa folgendermaaßen:

im Knochengerüste	2874	Gramm
in den Muskeln	530	„
im Fettgewebe*)	388	„
in den Brust- und Baucheingeweiden**)	272	„
in der Haut***)	147	„
im Hirn†)	18	„
zusammen	4229	Gramm

*) Aus dem Fettgewebe der Katze, nach der Analyse von Bidder und Schmidt berechnet.

**) Nach den Analysen von Braconnot und von Bibra für die Säugethierleber berechnet (siehe meine Physiologie der Nahrungsmittel, 2. Auflage, S. 79). Die Zahl ist ohne Zweifel zu klein, da die Leber z. B. viel weniger Bindestoff enthält als Magen, Darm, Milz, Lungen u. s. w.

***) Nach dem Fettgewebe berechnet, weshalb auch diese Zahl zu klein sein muß.

†) Mit Hülfe der Analysen von C. Schmidt für den

Da nun nach E. Bischoff die festen Bestandtheile, im Gegensatz zum Wasser, 40,5 Hundertstel vom Gewicht des Erwachsenen betragen, so ergiebt eine einfache Rechnung, daß die Menge der leimgebenden Körper beinahe ein Sechstel aller festen Bestandtheile des Leibes und ein Fünfzehntel des gesammten Körpers ausmacht.

Vergleichen wir aber die Zusammensetzung des Knochenleims und die nach Chevreul und Fremy damit übereinstimmende des leimgebenden Stoffs der Knochen mit der Mischung des Eiweißes, so finden wir, daß sich jene von dieser durch einen größeren Sauerstoffgehalt unterscheidet, denn während 100 Theile Eiweiß in runder Zahl 22 Sauerstoff enthalten, enthält der Leim in 100 Theilen 24 Sauerstoff.

Ein Theil des oben verrechneten Leims ist aber nicht der gewöhnliche Knochen- oder Tischlerleim, wie er auch aus der Hausenblase gewonnen wird, sondern sogenannter Knorpelleim, der sich durch einen noch höheren Sauerstoffgehalt vor jenem auszeichnet. Denn von 100 Theilen Knochenleim sind 24 Sauerstoff, und der entsprechende Sauerstoffgehalt des Knorpelleims ist 29.

Balken und die Großhirnrinde berechnet, unter der allerdings etwas willkürlichen Annahme, daß das Gesammthirn zu gleichen Theilen aus Mark und Rinde bestehe.

Aus den eiweißartigen Stoffen des Bluts können also die Leimbildner der Gewebe nur durch eine Bereicherung an Sauerstoff hervorgehen.

Diese Bereicherung läßt sich offenbar am einfachsten durch eine wirkliche Aufnahme von Sauerstoff erklären, den ja die rothen Körperchen des Blutes fortwährend den eiweißartigen Stoffen zur Verfügung stellen, da alles was aus letzteren schließlich hervorgeht, auf eine Veränderung derselben durch fortschreitende Sauerstoffaufnahme hinweist.

Trotzdem wäre es auch denkbar, daß die Leimbildner aus einer Spaltung des Eiweißes hervorgingen, bei welcher sich letzteres in einen oder mehrere sauerstoffärmere Körper und die sauerstoffreicheren Leimbildner zerlegte.

Was dieser Spaltung, wenn man unter ihren möglichen Erzeugnissen zunächst nur die stickstoffhaltigen ins Auge faßt, sogleich das Wort reden könnte, ist der Umstand, daß das Bindegewebe beinahe ausnahmslos von einer mehr oder minder großen Menge federkräftiger Fasern durchflochten ist, welche aus einem Stoffe bestehen, dessen Sauerstoffgehalt (20,5 %) dem des Eiweißes nachsteht.*)

*) 20,5 ist das Mittel aus den Untersuchungen von Tilanus und W. Müller; vgl. von Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 3. Auflage, Braunschweig 1874, S. 148.

Nur erhellt es leicht, daß dieser federkräftige Stoff nicht in der einer solchen Spaltung des Eiweißes entsprechenden Menge vorhanden ist, wenn man bedenkt, daß er der organischen Grundlage der Knochen abgeht, deren Gewicht durch diejenigen Theile nicht aufgewogen wird, welche, wie die gelben Bänder der Wirbelsäule oder die mittlere Haut der Gefäße, beinahe ganz oder vorherrschend aus federkräftigem Stoff bestehen.

Dagegen kann aus dem Bindegewebe, wie es in Sehnen und Häuten, Nerven und Muskeln, Gefäßen und Drüsen, kurz beinahe überall im Körper vorkommt, durch Kalkwasser ein Stoff ausgezogen werden, der mit dem eigenartigsten Bestandtheil des Schleims übereinstimmt (Rollett, Eichwald). In diesem Schleimstoff übertrifft aber der Sauerstoffgehalt noch den des Knorpelleims, denn er erhebt sich auf 35,7 vom Hundert (Eichwald).

Folgende kleine Tabelle stellt den in den stickstoffhaltigen Gewebebildnern wachsenden Sauerstoffgehalt, im Vergleich zum Eiweiß, übersichtlich zusammen. In 100 Theilen ist der Sauerstoffgehalt:

im Eiweiß	22,4
in Knochenleim und Knochenleimbildnern .	24,0*)

*) Die Zahl ist das Mittel aus den Werthen, welche Scherer, Mulder, Winkler, Marchand, von Bibra für Hausenblase und deren Leim, Kalbssehnen und deren Leim,

im Knorpelleim . . . . . 29,0*)
im Schleimstoff. 35,7

Allein die fortschreitende Bereicherung an Sauerstoff kennzeichnet nicht bloß die Entstehung der Leimbildner und des Schleimstoffs aus dem Eiweiß, sondern auch die Bildung der Oberhaut, jenes hornartigen Körpers, welcher wie ein dünner Panzer die ganze Oberfläche unseres Leibes überzieht und in 100 Theilen 25 Sauerstoff enthält.

Andere Hornbilde, wie die Oberhaut aus lebenden, saftführenden, oder aus vertrockneten, verschrumpften, oftmals abgestorbenen Zellen bestehend, sind freilich minder sauerstoffreich als die eiweißartigen Mutterkörper. Nur die weichen Zellen, welche die Oberfläche aller Schleimhäute, z. B. der Verdauungs- und Luftwege überziehen und den Namen Belegzellen**) führen, stimmen in ihrem Sauerstoffgehalt mit dem Eiweiß überein, die Nägel erreichen ihn kaum, und die Haare stehen erheblich dagegen zurück.

---

die harte Haut des Auges, Hirschhorngallerte, Knochenknorpel und daraus bereiteten Leim gefunden haben, nach Abzug des mittleren Schwefelgehalts nach den Bestimmungen von Schlieper und von Bibra. Vgl. Schloßberger, Erster Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierchemie. Leipzig und Heidelberg 1856, Bd. I., S. 21, 22.

*) Mittel aus den Bestimmungen von Mulder und Vogel, gleichfalls nach Abzug des Schwefels. Ebenda.

**) Epithelium.

Sauerstoffgehalt in 100 Theilen

Eiweiß	22,4
Hornstoff der Belegzellen . .	22,6*)
Nägel	22,0**)
Haare	20,8***)

Die Belegzellen könnten also nicht aus der Spaltung des Eiweißes in einen sauerstoffreicheren Körper, wie etwa die Oberhaut oder die Leimbildner, und einen sauerstoffärmeren entstehen, da sie mindestens ebenso viel Sauerstoff enthalten wie das Eiweiß. Die Menge der Haare und der Nägel zusammengenommen ist aber ohne Zweifel geringer als die der Oberhaut, so daß man, von den Hornstoffen in Bausch und Bogen redend, wieder behaupten muß, daß die eiweißartigen Körper unter Aufnahme von Sauerstoff in sie übergehen.

Denn es ist nicht zu übersehen, daß das Eiweiß unter den eiweißartigen Blutbestandtheilen keineswegs der sauerstoffärmste ist. Ich bin bei der obigen Betrachtung durchweg vom thierischen Eiweiß ausgegan-

*) Nach Bestimmungen von Kemp, Schloßberger und von Gorup-Besanez. Nur von Gorup-Besanez hat den Schwefel besonders bestimmt, und ich habe die von ihm gefundene Zahl von dem Mittelwerth für Sauerstoff und Schwefel zusammen in Abzug gebracht. Vgl. Schloßberger a. a. O. S. 276.

**) Nach Mulder und Scherer; vgl. Schloßberger ebendaselbst S. 277 und die vorige Note.

***) Nach van Laer, ebendaselbst S. 276.

gen, weil es unter den eiweißartigen Stoffen im Thierkörper am verbreitetsten ist und namentlich im Blutwasser*) in reichlicher Menge, durchschnittlich zu 7,8 %, vorkommt.

In den Blutkörperchen findet sich dagegen ein eiweißartiger Stoff, der schon an sich weniger sauerstoffhaltig ist als das Eiweiß, indem er mit 20,9 % dem der Haare (20,8) und des federkräftigen Stoffes der gleichnamigen Fasern (20,5) nahe steht, und dieser eiweißartige Stoff**) der rothen Blutkörperchen ist noch überdies mit einem eisen- und stickstoffhaltigen Farbstoff, dem sogenannten Blutroth***), gepaart, in welchem der Sauerstoffgehalt auf 12 % herabsinkt.

Aus dem Blutroth geht aber ein schwarzer oder wenigstens dunkel braunrother Körper hervor, der die Aderhaut des Auges und durch sie den Augengrund schwärzt, weshalb ich ihn als Augenschwarz †) bezeichnen will. Dieses Augenschwarz findet sich in manchen Gegenden der Haut in den tiefsten Zellen der Oberhaut, kann aber in allen möglichen Belegzellen, in Bindegewebskörperchen, Muskelfasern und Nervenzellen vorkommen. Wie sich das Blutroth in Augenschwarz um-

*) Blutplasma von aderlichem Pferdeblut nach Hoppe-Seyler, und ebenso viel im Blutserum des Menschen nach Scherer und Otto.

**) Das Globulin.

***) Hämatin.

†) Melanin.

wandelt, ist im Einzelnen ebenso wenig ermittelt, wie der Uebergang von Eiweiß in Leimbildner oder Schleimstoff; aber sicher ist, daß das Augenschwarz sich vor dem Blutroth durch seinen größeren Reichthum an Sauerstoff auszeichnet. Der Sauerstoffgehalt ist nämlich in 100 Theilen

Blutroth . . . . 12 (Mulder),
Augenschwarz . . 22 (Scherer).

Wenn aus dem Blutroth Augenschwarz geworden, ist außerdem der Eisengehalt von 0,9 auf 0,25 gesunken, und es ist mehr als wahrscheinlich, daß dieses Eisen mit Sauerstoff verbunden aus dem Blutroth ausgetreten ist. So hätten wir es bei der Umwandlung von Blutroth in Augenschwarz mit einer doppelten Aufnahme von Sauerstoff zu thun, indem außer dem sauerstoffreicheren Augenschwarz auch noch Eisenoxyd gebildet würde.

Nun sind die eiweißartigen Körper regelmäßig durch einen Gehalt an Schwefel ausgezeichnet. Wenn aber ein schwefelreicherer unter diesen in einen schwefelärmeren Körper übergeht, so muß ein Theil des Schwefels sich mit Sauerstoff verbinden, um als Schwefelsäure aus der ursprünglichen Verbindung auszutreten.

Käsestoff ist ein Bestandtheil des Bluts, der Wände der Blutgefäße, des Bindegewebes unter der Haut und des Nackenbandes. Der Käsestoff ist im Blut zugegen,

auch ohne vorherigen Milchgenuß und ohne vorhandene Milchbereitung.

Der Käsestoff gehört zu den eiweißartigen Körpern. Er unterscheidet sich vom Eiweiß, indem er weniger Schwefel als dieses enthält. Wenn Käsestoff aus Eiweiß hervorgeht, dann muß dieses also einen Theil seines Schwefels verlieren. Der Verlust wird durch den Sauerstoff bewirkt. Der Schwefel verbrennt zu Schwefelsäure, die sich mit dem Natron des doppeltkohlensauren Natrons im Blut zu einem schwefelsauren Salze verbindet.

Verwandlung von Eiweiß in Käsestoff ist somit eine langsame Verbrennung. Die Entstehung der Gefäßwand, des Bindegewebes unter der Haut und des Nackenbandes ist durch das Athmen bedingt.

Auch bei der Umwandlung des Eiweißes in Leimbildner und Schleimstoff ist die Abnahme des Schwefelgehalts in Betracht zu ziehen, da 100 Theile

Eiweiß	1,6
Knochenleim nur	0,3*)
Knorpelleim	0,35**)

Schwefel enthalten, und dieser Grundstoff im Schleimstoff gar nicht enthalten ist.

*) Mittel aus den Bestimmungen Schlieper's und von Bibra's.

**) Mittel aus den Angaben Mulder's und Vogel's.

Dagegen ist freilich zu bedenken, daß in der geschwefelten Gallensäure*) täglich soviel Schwefel in einer stickstoffhaltigen und kohlenstoffreichen Verbindung abgesondert wird, daß diese Schwefelmenge die mit der Nahrung im Eiweiß zugeführte jedenfalls übertrifft. Die Annahme, daß die Entstehung schwefelärmerer Verbindungen die Folge der Abspaltung schwefelreicherer sei, wäre also durchaus statthaft, wenn wir nicht eben doch den Schwefelüberschuß schließlich zu einem guten Theile in den schwefelsauren Salzen des Harns, und wohl nur zu einem kleinen Bruchtheil in dem geschwefelten Gallenpaarling**) des Darmkoths wiederfänden.

Aber selbst wenn in einzelnen Fällen eine Abspaltung sauerstoffärmerer und schwefelreicherer Stoffe, zu denen auch die Haare mit ihren 5% Schwefel gehören, von der Eiweißgruppe stattfindet und die Entstehung sauerstoffreicherer und schwefelärmerer Körper erklärt, so läßt sich doch nicht verkennen, daß die eiweißartigen Bestandtheile des Bluts, um an der Gewebebildung Theil zu nehmen, sich mit einer sauerstoffreicheren Hülle umgeben, welche zugleich das Bindemittel zwischen den einzelnen Formbestandtheilen eines Gewebes, wie zwischen den Geweben und Werkzeugen darstellt.

*) Taurocholsäure.

**) Taurin.

Der Sauerstoff spielt die Rolle eines Baumeisters, welcher die formlosen Baumittel, die das Blutwasser enthält, in bestimmte Gestalten, in Formbestandtheile, also das Blut in Gewebe und Werkzeuge umwandelt.

In der Aufnahme des Sauerstoffs ist also die Ursache einer Veränderung gegeben, deren Bedeutung noch immer viel zu wenig ins Auge gefaßt worden und die uns doch allein den Vorgang der Ernährung aus dem stofflichen Gesichtspunkt erklärt.

Die Entwicklung der Stoffe, die für die Gewebebildung am wichtigsten sind, ist durch eine langsame Verbrennung bedingt.

Soweit also liegt es ab, daß Stärkmehl, Zucker oder Fett die Werkzeuge des thierischen Körpers vor dem Eingriff des Sauerstoffs schützen sollten, daß diese Werkzeuge vielmehr nur sind durch die allerunmittelbarste Einwirkung des Sauerstoffs. Man hat es so wörtlich wie nur immer möglich zu verstehen, daß das Athmen Muskeln und Knochen, Herz und Haut aus dem Blute bildet, entwickelt.

Entwicklung von Haut und Knochen, von Muskeln und Bändern, kurz der festen Gewebe, der Formbestandtheile in den Werkzeugen des Körpers, das ist der Vorgang, den der Naturforscher als Ernährung bezeichnet.

Demnach besteht so wenig ein Gegensatz zwischen

Ernährung und Athmung, daß die Ernährung vielmehr einzig und allein durch die Hülfe des Athmens Bestand hat.

Und daher ist es nicht gerechtfertigt, wenn man von Nahrungsstoffen spricht, welche die Aufgabe hätten, den Sauerstoff abzuhalten vom Eiweiß, von Athemmitteln, die durch Aufnahme von Sauerstoff die Bestimmung erfüllten, die Werkzeuge vor der verzehrenden Kraft dieses Grundstoffs zu schützen.

Es herrscht in dieser Beziehung zwischen der Beurtheilung der Nahrungsstoffe, wie ich sie seit mehr als zwanzig Jahren vorgetragen*), und den Ergebnissen der neuesten Untersuchungen auf diesem Felde eine erfreuliche Uebereinstimmung.

Pettenkofer und Voit haben durch ihre Forschungen, welche großen Stil mit feiner Genauigkeit verbinden, auf dem Gebiete der Nahrungslehre eine Sicherheit angebahnt, welche auch die geistreichsten Betrachtungen ohne gründliche Durchführung mühsamer Versuche nimmermehr gewähren könnten. Sie haben durch ihre Versuche gezeigt, daß das Fett im Organismus schwerer in einfachere Bestandtheile zerfällt als das Eiweiß, daß dieses eher jenes vor der Ein-

*) Die erste Auflage dieses Buches erschien im Jahre 1852 die erste Auflage meiner Physiologie der Nahrungsmittel noch zwei Jahre früher.

wirkung des Sauerstoffs zu schützen vermag, als umgekehrt. Wer es weiß, wie manches Wort gerade die beiden genannten ausgezeichneten Forscher zu Gunsten von Liebig's Eintheilung unserer Nahrungsstoffe in Athemmittel und Baustoffe gesprochen hatten, wird es doppelt bedeutsam finden, daß ihre Untersuchungen sie nach und nach von dieser Anschauung auf einem neuen Wege immer weiter entfernt haben. Ein Hund, dem sie in einer ihrer zahlreichen Versuchsreihen täglich 1500 Gramm Fleisch und 30 bis 150 Gramm Fett gaben, zersetzte beinahe vollständig das im Fleisch gereichte Eiweiß, während er die ganze Menge des aufgenommenen Fettes in seinem Körper aufspeicherte. Angesichts einer solchen und ähnlicher Erfahrungen haben nun auch Pettenkofer und Voit die Vorstellung, nach welcher Fett ein Athemmittel, „ein respiratorisches Nahrungsmittel" sein sollte, ausdrücklich widerrufen*).

In der That ist dieses Fett, das sich im Körper ablagert, nicht minder ein Baustoff unseres Leibes, als das Eiweiß und dessen nächste Abkömmlinge.

Das Gewebe, welches unter allen den höchsten Rang im Körper einnimmt, der Hauptträger der Eigenschaften des Stoffs, welche den Zustand des Lebens

*) Zeitschrift für Biologie, von Buhl, von Pettenkofer, Radlkofer, Voit, Bd. IX. (1873), S. 31, 32.

bedingen, das Gewebe von Hirn und Nerven, kann ohne Fett nicht bestehen. Weder Nervenfasern, noch Nervenzellen können ohne Fett ihre eigenthümliche Form und ihre sonstigen auszeichnenden Merkmale behaupten. Nicht Eiweiß allein, nicht Fett allein, die in dem Mark der Nervenfaser gegeben sind, nicht die eigenthümliche Mischung von leimgebendem und federkräftigem Stoff, welche die Scheide der Faser bildet, nicht die überraschende Menge von phosphorsauren Salzen, welche in die Zusammensetzung des Hirns eingeht, giebt der Nervenfaser ihre Form. Nur alle jene Stoffe vereinigt sind im Stande, die Form von Nervenfasern und Nervenzellen anzunehmen.

Schon die farblosen Körperchen im Blut verdanken ihre Entwicklung dem Fett, das die Nahrung in den Kreislauf bringt. Die erste Zelle, die sich im Körper bildet, deren Entstehung den Ausgangspunkt darstellt für alle Organisation, ist ohne Anwesenheit einer reichlichen Menge von Fett nicht denkbar. Die ersten festen Körnchen, die sich aus der Keimflüssigkeit der Milchsaftgefäße nach der Verdauung absondern, sich zu Körnern vereinigen und die Zellenbildung einleiten, bestehen aus Fett, das eine zarte Eiweißhülle umkleidet. In den Körperchen der Milch ist das Fett so vorherrschend, das Käsestoffhäutchen, von welchem das Fett umschlossen wird, so außerordentlich dünn, daß

man mit gleichem Recht das Fett, wie den Käsestoff, als den Formbildner ansprechen dürfte.

Und durch den Fettgehalt unserer Gewebe ist eine Anzahl ihrer wesentlichsten Eigenschaften bedingt.

Die unzähligen mit Fett erfüllten Bläschen, die als Fettzellen das Polster unter der Haut zusammensetzen, bilden deren federnden Schutz an den Stellen welche zumeist dem Drucke ausgesetzt sind. Ein Jeder erfährt das, der nach schwerer Krankheit abgemagert das Bett verlassend, vom Sitzen und Stehen leichter ermüdet, oder gar an den Stellen, auf welchen der Körper lastet, Schmerz empfindet, eben weil das federkräftige Fettpolster unter der Haut des Gesäßes und der Fersen geschwunden ist.

Von einer ähnlichen Ansammlung in Zellen eingeschlossenen Fettes im Grunde der Augenhöhlen hängt es ab, daß sich der Augapfel mit solcher Leichtigkeit bewegt, daß seine Muskeln sich geschmeidig verkürzen und verdicken, indem das flüssige, wenngleich in Bläschen eingeschlossene Fett dem Druck des seine Gestalt verändernden Muskels und des rollenden Augapfels nur einen geringen Widerstand entgegensetzt, und doch gerade genug, um mit der größten Leichtigkeit alle Theile wieder in ihre frühere Gleichgewichtslage zurückzuführen, wenn die Zusammenziehung der Muskeln aufhört.

Magere Körper frieren unter übrigens gleichen Be-

dingungen leichter als fette. Aber außer dem Hornpanzer, in dem wir stecken, ist gerade das Fett in und unter der Haut dadurch ausgezeichnet, daß es ein schlechter Wärmeleiter ist und uns nach Art unserer Kleider vor zu raschem Wärmeverlust behütet.

Die einzelnen Werkzeuge unseres Leibes verdanken die Eigenschaften, welche der Stoff im Zustande des Lebens in ihnen entfaltet, den Bestandtheilen, aus welchen die Mischung jenes Stoffs hervorgeht. Zu diesen Eigenschaften gehört gewiß in erster Reihe das Empfindungsvermögen der Nerven. Da aber die Nervenfaser keinen Bestand hat ohne Fett, so wäre es durch nichts gerechtfertigt, wenn man dem Fett die Rolle eines Baumittels für Hirn und Nerven streitig machen wollte.

Um aber das Wort in seiner augenfälligsten und einfachsten Bedeutung zu verwenden, wer wüßte es nicht, daß die welligen Formen, die weiche Rundung des Körpers der Frauen und Kinder, wenn sie auch zunächst in den Knochen stecken, doch in sichtbarster Weise durch das Fettgewebe mit bedingt werden, das alle Ecken und Rauhigkeiten der Oberfläche ausgleicht und rundet?

Kurz, das Fett ist ein Baustoff so gut wie das Eiweiß und so wesentlich, daß sich von den meisten Geweben nicht sicher entscheiden läßt, ob Fett oder stickstoffhaltige Körper den ersten Grund zu ihrer Entwicklung legten.

Und nun erst die Salze, die so wenig Stickstoff enthalten wie das Fett! Als wenn der Knochen sein könnte ohne Knochenerde, der Knorpel ohne Kochsalz. Jedes Werkzeug des Thierkörpers ist nicht minder abhängig von seinen salzigen und erdigen Theilen als von Eiweiß und Fett. Phosphorsaurer Kalk ist ein Knochenbildner, so unentbehrlich, wie die organische Grundlage, die sich beim Kochen in Knochenleim verwandelt.

In dem Samen kommen sehr kleine, nur bei starker Vergrößerung erkennbare Formbestandtheile vor, die einem breiteren kurzen Kopf, einem schmäleren, langen, zugespitzten Schwanze und den höchst merkwürdigen Bewegungen, die sie vollführen, den ungeeigneten Namen Samenthierchen verdanken. Man kann diese Körperchen behutsam verbrennen, ohne ihre Form zu zerstören (Valentin). Die anorganischen Stoffe zeigen das ursprüngliche Bild unabhängig von dem stickstoffhaltigen Körper, den die Verbrennung zerstörte.

Freilich ist dieses Bild nicht die ganze Form, aber diese Verneinung hat ganz denselben Sinn, wie wenn man es betonen wollte, daß die eiweißartigen Stoffe für sich weder eine Muskelfaser, noch eine Nervenzelle herzustellen vermögen.

Und alle Bestandtheile der Gewebe tragen durch ihre Eigenthümlichkeiten zu den physikalischen Eigen-

schaften bei, welche vereint ihre Lebensäußerungen bedingen.

Fett macht das Knochenmark leicht, die Haut geschmeidig, Wasser das Blut beweglich, Knochenerde den elfenbeinernen Theil der Knochen schwer, den Zahnschmelz hart, ein Gemenge eiweißartiger Körper macht die Muskelfaser verkürzbar, der stickstoffhaltige Stoff des Nackenbandes ertheilt ihm seine Federkraft.

Oft ist die Mischung, in welcher sich die stofflichen Bestandtheile unseres Körpers mit einander zu Geweben verbinden, so innig, daß sich in der Verbindung das Verhalten derselben zu ihren Lösungsmitteln ändert. Durch Lehmann wissen wir, daß man das Kochsalz aus den Knorpeln selbst durch warmes Wasser nicht auswaschen kann, durch Mulder, daß die Verbindung der eiweißartigen Stoffe mit dem phosphorsauren Kalk eine so innige ist, daß letzterer durch die Einwirkung der Essigsäure nicht von jenen getrennt werden kann. In anderen Fällen folgt ein Stoff seiner gewohnten Beziehung zu lösenden Flüssigkeiten, aber mit dem Stoff geht auch die Form verloren. So fand ich mit Donders, daß die Formen der Blutkörperchen unregelmäßig werden, wenn man durch Aether ihr Fett entfernt.

Es ist ein zwingender Schluß, daß die anorganischen Bestandtheile und die Fette der Nahrung ganz

mit demselben Recht als Nährstoffe, als Baustoffe des Körpers bezeichnet werden wie Eiweiß und die leimgebenden Grundlagen von Knochen und Knorpeln.

Der Sauerstoff, den wir einathmen, führt das Eiweiß des Bluts auf immer höhere Verbrennungsstufen. Die Verbrennung bleibt nicht etwa stehen bei der Entwicklung der Leimbildner und des Horns der Oberhaut, des Schleimstoffs und des Augenschwarzes, sondern neben diesen Stoffen, welche eine so wichtige Rolle in den Geweben spielen, zum Theil aus ihnen entsteht durch die Abnutzung der Gewebe eine Reihe von Stoffen, die einen wachsenden Gehalt an Sauerstoff besitzen und als solche nur durch eine innere oder äußere Verbrennung des Eiweißes und seiner nächsten Abkömmlinge hervorgebracht werden können.

Als innere Verbrennung möchte ich nämlich den Vorgang bezeichnen, wenn aus dem Eiweiß neben einem sauerstoffreicheren Stoffe ein sauerstoffärmerer Paarling abgespalten wird. So würde sich der Theil der eiweißartigen Körper verhalten, für welchen Pettenkofer und Voit es mehr als wahrscheinlich gemacht haben, daß ein Theil ihres Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs als Fett austritt. Das Fett, dessen Sauerstoffgehalt

im Talgstoff*) 10,8

*) Stearin.

im Oelstoff*) 12,0
„ Perlmutterfett**) . . . 13,7 %

beträgt, ist im Vergleich zum Eiweiß als ein Gemenge sauerstoffarmer Körper zu betrachten. Wenn also neben demselben aus dem Eiweiß sauerstoffreichere stickstoffhaltige Körper entstehen, so können diese eben ihren größeren Sauerstoffgehalt dem Eiweiß selbst entnommen haben, also einer Art von innerer Verbrennung entsprossen sein, der eine Spaltung nebenher lief.

Solcher Art ist die Entstehung des sauerstoffreichen Leimzuckers (43%) neben der stickstofffreien kohlenstoff- und wasserstoffreichen, aber sauerstoffarmen Gallensäure***), die mit einander die schwefelfreie aber stickstoffhaltige Säure der Galle†) bilden, deren Sauerstoffgehalt den des Eiweißes noch nicht erreicht.

Viel verbreiteter ist jedoch der Vorgang, bei welchem der Sauerstoff als solcher aus den Lungen dem Blut zugeführt ward, und den ich als die gewöhnliche oder äußere Verbrennung bezeichnen will. Aus ihr gehen der Fleischstoff††) und die Fleischbasis†††),

*) Olein.
**) Palmitin.
***) Cholsäure, Cholalsäure.
†) Glycocholsäure.
††) Kreatin.
†††) Kreatinin.

Käseweiß*) und Hornglanz**), Harnsäure und schließlich Harnstoff, Kohlensäure und Wasser hervor.

Derselbe Vorgang, der aus den eiweißartigen Körpern eine Reihe der wichtigsten Gewebebildner entwickelte, verwandelt auch allmälig die Fette in die sauerstoffreicheren flüchtigen Fettsäuren, unter denen die Buttersäure eine der bekannteren ist, und schließlich diese in Kohlensäure und Wasser.

Nicht nur die letzten Erzeugnisse des Zerfalls, auch die unentbehrlichsten Bestandtheile unserer Gewebe sind ein mittelbares oder unmittelbares Ergebniß der Aufnahme von Sauerstoff ins Blut, welche das Wesen der Athmung bezeichnet.

Diese Aufnahme des Sauerstoffs ist eine Macht der Entwicklung und erst nachher in immer fortschreitender Entfaltung ein Hebel des Zerfallens. Denn alle Entwicklung endigt mit der Auflösung, die selbst wieder zu neuer Entwicklung drängt. Das ist der Kreislauf des Stoffs, der den Tod in den Dienst des Lebens genommen.

---

*) Leucin.

**) Tyrosin.

X.

Entwicklung der Nahrung im Thierkörper.

Obgleich das Leben eine Kreislinie darstellt, die sich in ununterbrochenem Fortschritt verfolgen läßt, gleichviel, von welchem Punkte man seine betrachtende Wanderung beginnt, so ist doch der Stoff, aus dem sich der Körper aufbaut, als der wichtigste Vermittler seiner Beziehungen zur Außenwelt, der natürlichste Ausgangspunkt, der uns zugleich für die Entwicklungsgeschichte am meisten verspricht.

Diese Entwicklungsgeschichte liegt ganz in den Bewegungen des Stoffs, den die Nahrung dem Körper zuführt. Durch die Eigenthümlichkeit der stofflichen Mischung sind die Formen der Gewebe bedingt. Der Form und Mischung entsprechen alle anderen Eigenschaften.

Will man die Nahrung eintheilen nach dem obersten Gesichtspunkt, nach welchem sie den Urstoff bildet, aus dem immer erneut der Körper hervorgeht, so kann nur die Entwicklungsgeschichte den Grund der Eintheilung abgeben. Wer sich bemüht, die Zwecke der Nah-

rung zu errathen, der wählt den entgegengesetzten Weg und setzt sich derselben Gefahr aus, an welcher Liebig's Annahme von Nährstoffen und Athemmitteln gescheitert ist. Die Ahnung der Zweckmäßigkeit könnte nur durch Offenbarung gelingen; ruhige Beobachtung der Entwicklung führt sicher zum Ziel.

Aus der Nahrung wird Blut, aus Blut werden Gewebe, Muskeln, Knochen, Knorpel, Hirn und Nerven, kurz alle festen Theile des Körpers.

Die Entwicklung der Nahrung ist also zunächst Blutbildung. Blut besteht aus Eiweiß und Zucker, aus Fett, aus Salzen und Wasser. Zucker ist aber ein Körper, der sich aus Stärkmehl und Stärkegummi*) bilden kann.

Hiernach ergiebt sich die Eintheilung der Nahrungsstoffe von selbst. Die Nahrungsstoffe zerfallen in eiweißartige Körper, Zucker oder Zuckerbildner, Fette und Salze.

Zu einem vollkommenen Nahrungsmittel gehören Eiweiß, Zucker, Fett, Salze und Wasser.

Jeder von diesen Stoffen hat die Bedeutung eines Baustoffs des Leibes, eines Nährstoffs. Eiweiß verbindet sich im Blute mit Sauerstoff so gut wie Zucker und Fett. Wäre die Athmung Selbstzweck, so hätten alle drei ein gleiches Anrecht auf den Namen Athemmittel.

*) Dextrin.

Allein der Sauerstoff, den wir einathmen, ist gleichsam selbst ein Nahrungsstoff. Indem er sich mit den Nahrungsstoffen, die der Magen aufnahm, verbindet, vollendet er die Blutbildung und die Entwicklung der Gewebe.

Blut und Gewebe sind die vollendetsten Entwicklungsstufen, welche die Nahrung im Verein mit dem Sauerstoff ersteigt. Sie gehen aus der vereinigten Wirkung der Verdauung und Athmung hervor.

Es gewährt eine Erleichterung des Ueberblicks, wenn man die Nahrung zunächst mit dem Blut und nicht sogleich mit den Geweben vergleicht. Denn Blut ist die Mutterflüssigkeit aller festen Theile des Körpers.

Die Nahrungsstoffe aufzulösen oder durch feine Zertheilung beweglich zu machen, und, wenn sie nicht mit den Stoffen des Bluts übereinstimmen, in Blutbestandtheile zu verwandeln, das ist der ganze Umfang der Verdauung.

Wenn wir Kartoffeln oder Brod genießen, so nehmen wir Kartoffelstärke oder Stärkmehl auf, einen in Wasser unlöslichen Stoff, der im Blut nicht vorkommt. Speichel und Bauchspeichel verwandeln das unlösliche Stärkmehl in Stärkegummi und dieses in löslichen Zucker; Galle, Bauchspeichel und Darmsaft verwandeln den Zucker in Fett. Zucker und Fett sind Bestandtheile des Bluts. Die Verdauung hat das Stärkmehl in lösliche Blutstoffe verwandelt.

Darum ist Stärkmehl ein Blutbildner so gut wie das Eiweiß. Aber auch das Eiweiß ist ein Fettbildner so gut wie das Stärkmehl, nur daß das Eiweiß außer Fett, das für die physikalischen Eigenschaften und die Kraftentwicklung des Körpers eine so hohe Bedeutung hat, auch die stickstoffhaltigen Gewebebildner liefert, an denen sich die Kräfte entwickeln, die zu der Kraftentwicklung den Anstoß geben.

In einer älteren Zeit bestand die ganze Weisheit der Wissenschaft des Lebens in Worten wie Speisebrei, Speisesaft, Verähnlichung. Man beschrieb nur die äußeren Veränderungen, welche die Nahrungsmittel im Magen und Darm erleiden. Im Magen sah man die Nahrung mit Speichel und Magensaft gemischt zu einem Brei, der sich immer mehr verflüssigte zu Speisesaft, um sich allmälig dem Blut zu verähnlichen.

Alles dies geschah durch eine geheimnißvolle Kraft die keinen Stoff als Träger brauchte, der man aber ungescheut Namen gab, als wäre sie eine Person, deren Verstimmung etwa den Magen oder die Verdauung verderben könnte.

Es ist einer der größten Fortschritte des Jahrhunderts, daß wir solchen Ausdrücken gar keinen Werth mehr beilegen. Wir haben die Verdauung kennen gelernt als eine theils chemische, theils mechanische Umwandlung des Stoffs, der wir Schritt vor Schritt zu

folgen trachten. Das ist nicht bloße Erweiterung der Gelehrsamkeit, es handelt sich bei der Erkenntniß der chemischen Umsetzung von Speisen und Getränken nicht etwa bloß um gelehrte Beschreibung einzelner Eigenschaften und Zustände, es handelt sich um die Einsicht in den wichtigen Satz, daß das Blut rein stofflichen Ursprungs ist. Wir stützen unsere Verehrung für den rothen Lebenssaft nicht mehr auf die leere Annahme von Lebensgeistern und Zauberkräften, die den Körper in Thätigkeit halten, sondern auf die Thatsache, daß das Blut eine hohe Entwicklungsstufe der Nahrung darstellt, die sich selbst weiter zu Geweben entfaltet.

Durch diese Einsicht ist die stoffliche Grundlage gewonnen für den Bestand unseres ganzen Seins und unserer größten Leistungen. Mit der Entdeckung der Verdauung als eines rein chemischen Vorgangs wurde das beste Siegel erworben für die allgemeinen Lehrsätze, welche Helvetius, Diderot, La Mettrie und Cabanis aus minder vollkommenen Beobachtungen schöpften.

Nur durch jene Umwandlungen lernen wir es begreifen, daß der Säugling leben kann von Milch, in welcher die eiweißartigen Körper hauptsächlich durch Käsestoff vertreten sind, während dessen Menge im Blut dem Eiweiß und Faserstoff weit nachsteht. Eiweiß und Faserstoff sind verschieden von Käsestoff. Durch

die Verdauung wird der Käseſtoff in Eiweiß und Faſerſtoffbildner verwandelt. Denn der Faſerſtoff iſt nicht als ſolcher fertig gebildet im Blut enthalten, er entſteht erſt im ſterbenden Blut aus zwei Stoffen, die ſich unter dem Einfluß eines dritten mit einander verbinden (A. Schmidt)*).

Seitdem der Käseſtoff im Blut durch Gmelin wahrſcheinlich gemacht, durch Panum und mich erwieſen wurde, hat man dieſe Thatſache mehrfach angezweifelt, indem man ermittelte, daß es ſich dabei um eine Verbindung von Eiweiß mit Kali handelte.**) Nun hat man aber in Erfahrung gebracht, daß der Käseſtoff der Milch alle Eigenſchaften jenes Eiweißkali beſitzt, und daß keinem eiweißhaltigen Safte eben dieſe Verbindung von Kali und Eiweiß abgeht, die man von Alters her Käseſtoff zu nennen gewohnt iſt. Und alſo giebt es Käseſtoff im Blut, wenn man ſich auch noch ſo ſehr berufen fühlen mag, ihn umzutaufen, nur daß deſſen Menge verhältnißmäßig ebenſo gering als die des gerinnbaren Eiweißes groß iſt, die Milch dagegen viel Käseſtoff und wenig Eiweiß enthält.***)

Stoffliche Umſetzung der eiweißartigen Körper ſetzt

*) Fibrinoplaſtiſche, fibrinogene Subſtanz und Fibrinferment.

**) Kali-Albuminat.

***) Vgl. Kühne, Lehrbuch der phyſiologiſchen Chemie, Leipzig 1868, S. 175, 565.

uns in den Stand, von Pflanzen zu leben. Denn bei aller Aehnlichkeit in den wichtigsten Eigenschaften, bei aller Uebereinstimmung in den wesentlichsten Verhältnissen der Zusammensetzung, die wir durch Mulder's Untersuchungen zuerst erfahren haben, sind doch die eiweißartigen Verbindungen der Pflanzen den entsprechenden Körpern des Thierbluts keineswegs völlig gleich.

In den Erbsen zum Beispiel ist ein eiweißartiger Stoff in so reichlicher Menge enthalten, daß er das Recht hat, Erbsenstoff zu heißen*). Man hat diesen Erbsenstoff mit Käsestoff verglichen, mit dem Käsestoff der Milch und des Bluts. Beide lassen sich aus ihren Lösungen durch Essigsäure fällen. Allein der Niederschlag des Käsestoffs wird durch überflüssig zugesetzte Essigsäure leicht gelöst, der Erbsenstoff nach Ritthausen nur schwer und unvollständig.

Was aber die Zusammensetzung anbelangt, so enthält der Käsestoff mehr Kohlenstoff und mehr Schwefel, dagegen weniger Sauerstoff und weniger Stickstoff als der Erbsenstoff, welcher immer eine große Menge Phosphorsäure, wie es scheint, in fester Verbindung enthält**).

Es darf also immerhin zugegeben werden, daß sich

---

*) Legumin.

**) Ritthausen, Die Eiweißkörper der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Oelsamen, Bonn 1872, S. 231.

Käsestoff und Erbsenstoff ähneln, und es ist wissenswerth, daß der Volkssinn diese Aehnlichkeit ohne Hülfe der Wissenschaft herausgewittert hat, indem die Chinesen nach Itier ein dem Käse ähnliches Gericht aus Erbsen bereiten (Liebig). Eine genauere Untersuchung hat jedoch ergeben, daß weder die Eigenschaften, noch die Zusammensetzung dazu berechtigen, Käsestoff und Erbsenstoff unter Einem Namen zu begreifen.

Wenn man die eiweißartigen Körper als Gruppe zusammenfaßt, wird man zahlreiche Merkmale ausfindig machen können, welche für ihre Verwandtschaft sprechen, unter anderen auch dieses, daß sie unter Einwirkung des Sauerstoffs eine Anzahl übereinstimmender Stoffe liefern, die aus ihrer Zersetzung hervorgehen. Aber abgesehen davon, daß ein von den Zersetzungsprodukten hergeleiteter Beweis der Gleichheit zweier Verbindungen nur dann wahre Geltung haben kann, wenn dieselben Zersetzungsprodukte unter denselben Verhältnissen in gleicher Menge entstehen, wissen wir durch Stenhouse, daß die Zersetzungsprodukte thierischer und pflanzlicher Eiweißkörper keineswegs vollkommen mit einander übereinstimmen. So liefern thierisches und pflanzliches Eiweiß oder Käsestoff und Erbsenstoff, wenn man sie trocken erhitzt, wenn man sie mit Säuren oder Laugen behandelt, verschiedene flüchtige Basen, welche, im Bunde mit mehren andern Unterschieden

dazu zwingen, auch die einander ähnlichsten Eiweißkörper des Thier- und Pflanzenreichs von einander zu unterscheiden.

Das lösliche Pflanzeneiweiß enthält weniger Schwefel als das Eiweiß des Bluts. Der Faserstoff der Thiere ist unter Verhältnissen gelöst, in welchen das ungelöste Pflanzeneiweiß immer geronnen ist. Die viel bedeutendere Verschiedenheit des Erbsenstoffs vom Käsestoff endlich ist so eben hervorgehoben worden. Die von Liebig gewählten Namen Pflanzenfibrin und Pflanzencasein für ungelöstes Pflanzeneiweiß und Erbsenstoff verdienen somit keine Empfehlung.

Man sieht hieraus, daß Mulder's Ausdruck nicht wörtlich zu verstehen ist, wenn er behauptet, daß Pflanzenfresser und Fleischfresser denselben Eiweißstoff verzehren. Das ist aber auch nicht die Bedeutung des Mulder'schen Gesetzes. Es soll nur die Verwandtschaft bezeichnen, welche die eiweißartigen Körper der Pflanzen mit denen der Thiere zu Einer Gruppe verbindet.

Durch diese Verwandtschaft ist das Leben der Pflanze eine die Verdauung des Thieres vorbereitende Thätigkeit, und zwar eine unerläßliche Vorbereitung, da weder kammsaures Ammoniak, noch kohlensaures Ammoniak im Verdauungskanal der Thiere zu Eiweiß umgesetzt werden können.

Umwandlung des einen eiweißartigen Körpers in den anderen ist dagegen ein Vorgang, der eine viel weniger bedeutende Umsetzung verlangt, als die Verdauungsflüssigkeiten in den Fettbildnern hervorbringen müssen, wenn sie dieselben in Fett verwandeln.

Aus diesem Grunde kann unser Körper aus Erbsen und Bohnen, aus Weizen und Roggen Blut bereiten, ebenso wie der Säugling die Fähigkeit hat, den Käsestoff der Milch in Eiweiß oder in die Faserstoffbildner des Bluts überzuführen.

Ja, der Thierkörper vermag durch diese umsetzende Thätigkeit noch weit mehr. Hunde können wochenlang von rohen Knochen leben, obgleich diese nur wenig Eiweiß, dagegen sehr viel leimgebenden Stoff enthalten, der sich in Eigenschaften und Zusammensetzung vom Eiweiß viel weiter entfernt, als irgend ein eiweißartiger Körper vom anderen. Ohne Erneuerung des Eiweißes im Blut kann aber der Hund nicht leben. Aus dem Fett des Knochenmarks kann kein Eiweiß entstehen. Es ist also klar, daß sich der leimgebende Stoff im Thierkörper in Eiweiß verwandelt, daß Leim ein Nahrungsstoff ist.

So vielfach dieser Satz auch bekämpft worden, so neigen sich doch die neuesten Untersuchungen immer mehr dahin, die Bedeutung des Leims für die Ernährung anzuerkennen. Allerdings hatten schon vor langer

Zeit Donné, Edwards und Balzac nachgewiesen, daß Leim für sich es nicht vermag, Menschen und Thiere auf die Dauer zu ernähren. Allein diese und ähnliche Thatsachen beweisen zunächst nur, daß Leim kein vollständiges Nahrungsmittel ist, daß Leim auf die Dauer nicht im Stande ist, das Leben zu fristen; daß Leim kein Nahrungsstoff ist, folgt daraus nie und nimmermehr. Oder ist Eiweiß kein Nahrungsstoff, ist Fett kein Nahrungsstoff, weil Thier und Menschen bei Eiweiß allein, oder bei Fett allein ebenso wenig am Leben bleiben, wie wenn sie nur Leim genießen?

An der Hand der Voit'schen Versuche läßt sich die Rolle des Leims, wenn er als Nahrungsstoff in den Magen gelangt, Schritt für Schritt verfolgen. Es ist aber noch vorher ein Bruchstück zu erwähnen, das Im Thurn*) schon vor Jahren zur Verdauungsgeschichte des Leims geliefert hat, indem er darthat, daß dieser Stoff durch die Einwirkung des Magensafts in seinen Eigenschaften dem Eiweiß ähnlicher wird. Wenn nämlich eine Eiweißlösung mit Essigsäure und Blutlaugensalz behandelt wird, dann erleidet sie eine Trübung, und dieses Merkmal geht dem Leim gänzlich ab. Wenn aber Leim bei einer Wärme von 37

*) Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, Bd. V, S. 317.

bis 40° einige Stunden lang mit künstlichem Magensaft behandelt worden, dann zeigt er zur Essigsäure mit Blutlaugensalz dasselbe Verhalten wie die eiweißartigen Körper.

Nun hat Voit gezeigt, daß im Hundedarm von dem leimgebenden Stoff der Knochen beinahe ein Drittel aufgesogen wird*), mit anderen Worten der Leim, der durch die Verdauung aus dem leimgebenden Gewebe entsteht und sogleich weiter umgewandelt wird, dringt in die Säfte des Thierkörpers ein, indem er die Wege des Bluts und des Milchsafts einschlägt. Aber Blut und Milchsaft enthalten keinen Leim. Wenn man also jene von Im Thurn beobachtete Thatsache und die Zusammensetzung des Leims bedenkt, der wie die eiweißartigen Körper, nur in etwas anderen Verhältnissen, Stickstoff und Schwefel, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthält, was dürfte da wahrscheinlicher sein, als daß der unter der Form von Leim eingeführte Körper sich später als Eiweiß im Blute wieder findet?

Daß nach der Verdauung von Leim eine stärkere Zersetzung von stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Körpers stattfindet, ist mehrfach beobachtet worden. Bei Vögeln nimmt die Ausscheidung von Harnsäure, bei

*) Zeitschrift für Biologie, VIII, 1872, S. 310.

Hunden die von Harnstoff zu (Boussingault, Frerichs, Bischoff).

In Folge dessen und zahlreicher vergleichender Ernährungsversuche hat Voit die früher in Gemeinschaft mit Bischoff ermittelte Lehre bekräftigt, daß Leim Eiweiß spart, so zwar, daß bei Leimzufuhr eine geringere Menge von Eiweiß genügt, um den Körper im Gleichgewicht seiner Mischung zu erhalten. Voit berechnet aus seinen Versuchen, in welchen alle Einnahmen mit allen Ausgaben eines Hundes verglichen wurden, daß 200 Gramm Leim bis zu einer gewissen Grenze 350 Gramm Fleisch ersetzen können*).

Schon früher hatten Bischoff und Voit dasselbe Ergebniß aus ihren Versuchen abgeleitet. Ein Hund von 34 Kilogramm, der täglich 500 Gramm Fleisch ohne Zusatz bekam, hatte nach 4 Tagen ein halbes Kilo von seinem Gewicht verloren; als man ihm aber zu jener Fleischmenge noch 200 Gramm Leim gab, begann er zuzunehmen, und zwar betrug die Zunahme 134 Gramm in 3 Tagen.

Daraus ergibt sich für die Ernährung eine wichtige Anwendung. Da nämlich die Eier wohl Eiweißstoffe, aber weder Leim noch leimgebenden Stoff enthalten, so muß man, um den gleichen Erfolg zu er-

*) Voit a. a. O. S. 345.

zielen, in der Gestalt von Eiern eine größere Eiweißmenge zuführen, als in der Gestalt von Fleisch. Es war also keine ganz unglückliche Ahnung, als ich um das Kostmaaß eiweißartiger Körper, die durch Eier geliefert werden können, zu berechnen, den Vergleich mit Fleisch, mehr aus Mangel an besonderen Angaben für dessen Gehalt an Eiweiß und leimgebendem Stoff als aus Ueberzeugung so vornahm, daß ich die Eiweißstoffe des Eies der Summe von Eiweißstoffen und leimgebender Substanz des Fleisches gleichstellte. Es ergab sich, daß im Durchschnitt sieben Eier erfordert werden, um 250 Gramm Fleisch zu decken.*)

Voit hat weiter dargethan, daß der Leim nicht bloß Eiweiß, sondern auch Fett im Körper spart**). Seit diese überaus wichtigen Ergebnisse der Münchener Untersuchungen bekannt worden sind, habe ich es mir angelegen sein lassen, daß alle Schwindsüchtigen, die meinen Rath begehrten, öfters Leim in der Form von schmackhaft zubereiteter Fleischgallerte genießen, und ich darf versichern, daß ich die beste Wirkung davon beobachte. Wenn man das Gericht nur nicht alle Tage den Kranken aufdrängt, nehmen es die Meisten gerne, und es gelingt ihnen leichter, auch eine befriedigende

*) Moleschott, Physiologisches Skizzenbuch, Gießen 1861, S. 63.

**) Voit, a. a. O., S. 574.

Menge Fleisch daneben zu verzehren. Da nun ferner von Voit gefunden worden, daß der Eiweißumsatz noch mehr beschränkt wird, wenn man dem Leim auch eine gewisse Menge Fett zufügt*), so bleibt neben der Zufuhr von Leim die von öligen Stoffen bei Schwindsüchtigen, wie sie seit lange eingebürgert ist, zu Recht bestehen, nur daß in vielen Fällen dem Leberthran, den nicht Alle verdauen und noch Wenigere gerne nehmen, andere Fette, und besonders die so fettreichen Eidotter, vorgezogen werden können.

Nun giebt es aber einen Punkt, in welchem Voit die Meinung, die ich oben ausgesprochen, nicht theilt, und es scheint mir mehr als Pflicht, den bewährten Forscher auch hier zu Wort kommen zu lassen. Voit ist der Ansicht, daß sich Leim bei der Ernährung nicht in Eiweiß zurückverwandeln könne. Nach Voit kann wohl ein Theil des Eiweißes durch Leim ersetzt werden, aber nur derjenige, welcher nach ihm als beweglicheres Eiweiß in der Säftemasse des Körpers der Verbrennung anheimfällt. Als Baumittel der Werkzeuge unseres Körpers kann der Leim nach Voit keine Verwendung finden. Es können sich nach Voit's Meinung „aus ihm keine neuen Blutkörperchen bilden, „keine neue Muskelsubstanz, ja nicht einmal leimge-

*) Voit a. a. O., S. 330, 331.

„bendes Gewebe“ *). Aber dieser Ausspruch fußt auf den Grundgedanken, daß aller Stickstoff, der im Harne wieder erscheint, unmittelbar zunächst vom zugeführten Leim herrühren muß, und eben dieser Satz bedürfte eines strengen Beweises, dem er für jetzt nicht zugänglich ist. Voit selbst giebt zu, daß eine Ablagerung von Leim in den Organen dann als zulässig erscheint, wenn man annehmen will, daß Leim aufgespeichert und dafür Eiweiß abgegeben werde**). Was wir aber bisher über die Schicksale des Leims im Körper wissen, schließt eben eine solche Annahme nicht aus, da doch alles was man über die Geschichte des Leimstickstoffs weiß, bis er im Harnstoff wieder erscheint, nur auf Vermuthungen beruht, die man allerdings aus den Zahlen herausrechnen kann, nur daß die gefundenen Zahlen einen anderen Hergang zwischen Anfang und Ende nicht ausschließen, wenn auch Anfang und Ende die gleichen bleiben.

Leim wird verdaut und wird durch die Verdauung dem Eiweiß ähnlicher, von den Gefäßen des Darmkanals aufgenommen, in denen man ihn als solchen nicht mehr antrifft; seine Aufnahme gestattet eine verminderte Zufuhr von Eiweiß, ein Theil seines Stickstoffs wird im Harn wiedergefunden, weshalb dieser an Harnstoff oder

*) Voit a. a. O., S. 362.
**) Ebendaselbst S. 330, 331.

Harnsäure reicher wird. Der Leim wird also auch im Körper umgesetzt. Angesichts dieser Thatsachen scheint es mir annehmbarer, im Leim einen wirklichen Nahrungsstoff, als mit Voit ein bloßes Sparmittel zu sehen.

Glücklicher Weise wird durch beide Anschauungen, von denen ich weder die eine, noch die andere für ausschließlich bewiesen halte, die Aufnahme von Leim für wünschenswerth erklärt, und das ist sowohl für die Aufgabe des Arztes, wie für die des Haushalters von der handgreiflichsten Wichtigkeit.

Es sind nun dreißig Jahre her, daß Mulder schrieb: „Nur die, welche das Ergebniß von hundert-„tausend Beobachtungen läugnen, werden dem Leim „eine Stelle unter den nützlichen Nahrungsstoffen ab-„sprechen. Wer, so wie ich, die ärztliche Praxis viele „Jahre lang ausgeübt hat und die Gelegenheit hatte, „Genesende unzählige Male unter dem Gebrauch von „Arrow-root*) und Hirschhorngallerte**) an Kräften „zunehmen zu sehen, oder sah, wie Geschwächte durch „den Gebrauch von Hirschhorngallerte wieder elasti-„scher wurden, muß es bedauern, daß Versuche dort „etwas entscheiden sollen, wo Versuche verwerflich und „überflüssig sind, wo nur die Beobachtung etwas zu „entscheiden hat."

*) Stärkmehl.
**) Leim.

Was die Nutzlosigkeit der Versuche anbetrifft, darüber würde Mulder jetzt, und zwar am meisten durch die Voit'schen Versuche bestimmt, ohne Zweifel anders urtheilen. Aber die eine Lehre dürfte sich dennoch aus jenen in ihrer derben Ausschließlichkeit nicht mehr haltbaren Worten ergeben, daß man sich nie dabei beruhigen soll, wenn Versuch und Beobachtung mit einander im Streite sind.

Ein Bedenken könnte man noch gegen die Umwandlung von Leim in Eiweiß erheben, das ich nicht mit Stillschweigen übergehen will. Da es sich nämlich, wie schon angedeutet worden, hierbei um eine rückschreitende Umwandlung in dem Sinne handelt, daß der Leim, der einmal aus einem Eiweißkörper hervorgegangen, sich wieder in Eiweiß verwandeln soll, so hätten wir es mit einem Vorgang zu thun, der eine Sauerstoffverarmung des Leims voraussetzt, und man hat ja so vielfach betont, daß die stofflichen Vorgänge im Thierkörper eben durch eine fortschreitende Bereicherung an Sauerstoff ausgezeichnet sind.

Allein man kennt nunmehr der Beispiele genug, in welchen auch im Thierkörper eine Verminderung des Sauerstoffgehalts gegebener Verbindungen beobachtet wurde. So wenn Zucker oder Eiweiß in Fett übergehen. Ein besonders lehrreicher Fall wird uns aber in der Bernsteinsäure vorgeführt, die zwar sehr häufig

durch Sauerstoffaufnahme, zum Beispiel aus Buttersäure oder aus Benzoesäure entsteht, aber auch durch Sauerstoffabgabe aus Aepfelsäure hervorgehen kann. Für den Vergleich, der uns hier beschäftigt, ist es besonders beachtungswerth, daß Koch den Uebergang von Aepfelsäure in Bernsteinsäure schon unter Einwirkung des Magensafts erfolgen sah, ganz so wie die Verähnlichung des Leims mit Eiweiß von Im Thurn bei der Verdauung in künstlichem Magensaft beobachtet wurde.

So kann auch Indigo im Thierkörper bald Sauerstoff abgeben, bald Sauerstoff aufnehmen. Chrzonczszewsky hat behufs seiner Untersuchungen über den Bau von Leber und Nieren in das Blut indigschwefelsaures Natron, sogenanntes Indigcarmin, eingespritzt, und fand nachher das Blut und das Blutwasser, als sie unmittelbar dem Thier entnommen waren, farblos, aber an der Luft färbte sich das Blutwasser blau. Das mit der Schwefelsäure verbundene Indigblau mußte also auf seinem Weg ins Blut oder im Blut selbst durch Sauerstoffabgabe in Indigweiß übergehen, während dies an der Luft wieder Sauerstoff aufnahm und blau ward. Allein eine solche Wiederaufnahme des Sauerstoffs findet auch im Thierleibe statt, denn nach der Einspritzung von Indigcarmin fand Chrzonczszewsky in den feinsten

Kanälchen der Leber, sowie in den Röhrchen der Nieren blaue Stoffe, die ihre Lichtung ausfüllten. Die Zellen, welche die Nierenkanälchen an ihrer inneren Fläche bekleiden, waren dagegen zunächst weiß geblieben und bläuten sich erst an der Luft. Diese Bläuung hatte aber für jene Ausfüllung der Leber und Nierenkanälchen schon innerhalb des Körpers stattgefunden, und es wurde demnach auf dem Wege vom Magen ins Blut durch Sauerstoffverarmung Indigblau in Indigweiß, auf dem Wege vom Blut in die Nieren durch Sauerstoffbereicherung Indigweiß wieder in Indigblau verwandelt.

Es ist also weder unerhört, daß im Thierkörper eine Abnahme von Sauerstoff vorkommt, noch auch daß eine und dieselbe Verbindung unter Umständen sich mit Sauerstoff verbindet, unter anderen Umständen sich vom Sauerstoff trennt. Wir haben in der Entstehungsweise der Bernsteinsäure und im Verhalten des Indigos zwei deutliche Vorbilder, die den Leim seiner Sonderstellung entkleiden, wenn ich die Möglichkeit ausspreche, daß er im Thierleib wieder zur Eiweißstufe aufsteigen könne.

Eine ganz andere Frage als die, ob der Leim überhaupt zu den Nahrungsstoffen gehört, ist die praktische Erwägung, ob er zu den leicht verdaulichen Nahrungsstoffen gezählt werden darf. Und diese Frage ist ganz

entschieden zu verneinen. Sie beantwortet sich mit einer klaren Ansicht von der Verdauung von selbst. Wenn die Verdauung für die löslichen Nahrungsstoffe darauf hinausläuft, daß den Blutbestandtheilen ungleiche Körper in Blutbestandtheile verwandelt werden, so erhellt, daß ein löslicher Nahrungsstoff um so verdaulicher sein muß, je ähnlicher er von vornherein den Blutstoffen ist. Leimgebendes Gewebe weicht aber unter allen stickstoffhaltigen Nahrungsstoffen am weitesten von den Eiweißkörpern des Blutes ab; Leim ist unter den stickstoffhaltigen Nahrungsstoffen aus eben diesem Grunde am schwersten verdaulich.

Hierin allein schon liegt die Rechtfertigung des Kampfes gegen jede vorwaltende Ersetzung von Fleisch oder anderen eiweißreichen Nahrungsmitteln durch Leim oder Knochen. Und damit ist den gewöhnlichen Suppentafeln, wenn sie aus Knochenleim bereitet sind und ohne entsprechenden Zusatz von Eiweiß genossen werden, ein unwiderrufliches Verdammungsurtheil gesprochen.

Viele gebräuchliche Nahrungsmittel enthalten Stoffe, welche die Verdauungsflüssigkeiten des Menschen, Speichel, Magensaft, Galle, Bauchspeichel und Darmsaft, weder zu lösen, noch in der Gestalt feinster Körnchen aufzuschwemmen vermögen, weshalb sie nicht in die Blutbahn gelangen können. Diese gehen unverdaut ab.

Sie werden wie die Schalen von Linsen und Bohnen, Kirschkerne und ähnliche Körper, im Koth wiedergefunden.

Zu diesen Stoffen gehören aus dem Pflanzenreich der Zellstoff, der den Hauptbestandtheil der Schalen von Hülsenfrüchten bildet, aber auch in den Zellwänden von Erbsen, Linsen und Bohnen vorkommt, sodann der Kork und die Holzstoffe, welche in die Zusammensetzung der harten Kerne von Pfirsichen, Aprikosen, Kirschen und ähnlichen Obstarten eingehen. Unter den Bestandtheilen thierischer Nahrung sind die Stoffe der federkräftigen Fasern, der Horngebilde, Haare, Nägel, die Oberhaut der inneren und äußeren Häute in den Verdauungssäften unlöslich.

Je vollkommener ein Nahrungsmittel in den Verdauungsflüssigkeiten gelöst wird, desto weniger läßt es Stoffe zurück, die an der Kothbildung Antheil haben, und desto vollkommener ist die Verdauung. Letztere kann aber auch mangelhaft sein, nicht weil die Art der Nahrungsstoffe, sondern weil ihre Menge und Mengung es den Verdauungssäften erschwert, sie zu bewältigen. Es kann sich zum Beispiel ereignen, daß ein aus vielen Nahrungsstoffen zusammengesetztes Nahrungsmittel die Darmschleimhaut so reizt, daß die Muskelhaut des Darms sich zu häufig und kräftig zusammenzieht, und in Folge dessen der Nahrungsinhalt zu

rasch durch den Darm hindurchgeschoben wird. Wirkt der Reiz dann mächtig genug, um auch zum Austreiben des Darminhalts zu veranlassen, dann wird gleichsam als Koth entleert, was bei längerem Verweilen im Darm zu Blut hätte werden können, also verdaut worden wäre. Kleienbrod und Schwarzbrod verwirklichen oft den hier im Allgemeinen vorgetragenen Fall. (Gustav Meyer.)

Die Kothbildung und die Verdauung haben also mit einander nicht das Geringste gemein. Im Gegentheil, der Koth besteht aus dem unbrauchbaren oder nicht zur Verwendung gekommenen Rückstand der Nahrungsmittel, vermischt mit einigen Flüssigkeiten, die aus dem Blute bereitet und ausgeschieden wurden, hauptsächlich mit Galle und Schleim. Insofern die Absonderung dieser Flüssigkeiten und regelmäßige Ausleerung jener Rückstände der Nahrung ein nothwendiges Zeichen der Gesundheit darstellen, ist der Stuhlgang von der allerwichtigsten Bedeutung für das Leben. Wenn man aber im gewöhnlichen Leben oft genug Stuhlgang und Verdauung als gleichbedeutend behandelt, so überträgt man eine aus falschem Anstand gewählte Bezeichnung auf einen Begriff, der in der Wissenschaft eine ganz andere Bedeutung hat. Es gibt nicht leicht zwei andere Begriffe auf dem ganzen Gebiet des Stoffwechsels, die einander schroffer ent-

gegengesetzt sind, als Blutbildung und Kothausscheidung. Die Verdauung ist Blutbildung, der Koth ihr todter Rückstand.

Weil aber das Blut der Inbegriff aller Bestandtheile der Gewebe ist, die flüssige Summe aller Stoffe, welche die festen Werkzeuge unseres Körpers darstellen, so nimmt die Blutbildung den ersten Rang ein in der Entwicklungsgeschichte der Nahrung. Indem das Blut und die Gewebe durch fortdauernde Athmung immer weiter zerfallen, um sich zuletzt aufzulösen in Harnstoff, Kohlensäure und Wasser, schlägt die Entwicklung in Rückbildung um.

Auch hier sind Rückbildung und Entwicklung einander fortwährend bedingende Glieder. In dem erwachsenen Körper machen zerfallende Formbestandtheile der Gewebe unabläßig den neu zu bildenden Platz. Je thätiger ein Werkzeug ist, desto leichter ist es, die jungen Entwicklungszustände in demselben wahrzunehmen. Kein Muskel des Körpers ist aber beständiger in Thätigkeit, als das Herz. Daher findet man im Herzen am leichtesten die Stoffe, in welche die verbrauchten Formbestandtheile der Gewebe zerfallen (Scherer), und neben diesen die jüngsten Entwicklungsstufen jener Formbestandtheile, d. h. junge Muskelfasern, welche zu sehr schmalen Bündeln vereinigt sind. (Gastaldi.)

Jedermann weiß, daß durch einen heftigen Schlag auf den Nagel eines Fingers ein dunkelbrauner Fleck

entsteht. Dieser Fleck wird gebildet durch Blut, das in Folge der Zerreißung einiger Gefäße des gefäßreichen Muttergewebes unter den Nagel ergossen wird. Weil aber von jenem Muttergewebe die Flüssigkeit ausschwitzt, welche durch Vermehrung seiner Zellen die jüngsten unteren Nagelschichten bildet, so wird das ergossene Blut nach und nach vollkommen vom Nagel umschlossen. Und weil der Nagel von hinten nach vorn wächst, so wird der braune Fleck nach mehren Wochen über die Spitze des Fingers hervortreten. Man sieht dann das vertrocknete Blut zwischen den unteren und oberen Schichten des Nagels. Aber in dieser Zeit hat sich ein vollständig neuer Nagel gebildet. Den alten schneiden wir nach und nach ab. Ganz ebenso erneuern sich die Haare und die Oberhaut, welche die ganze Außenfläche des Körpers und die inneren Höhlen desselben überzieht.

Auf ähnliche Weise bilden sich an die Stelle der zerfallenden Nervenfasern und Knorpelzellen, der Muskelbündel und Knochenplättchen immer neue Formen aus immer neuem Stoff. Die ausgeathmete Luft, Harn, Koth und Schweiß, Hauttalg, ausfallende Haare, sich abschuppende Oberhaut und abgeschnittene Nägel führen das Verbrauchte nach außen.

Die schleunigste Neubildung erfolgt im Blut. Zwei bis drei Stunden nach einer Mahlzeit finde ich in

meinem Blut die Zahl der farblosen, fettreichen Zellen vermehrt, aus welchen die farbigen Blutkörperchen hervorgehen. In sieben bis acht Stunden ist diese Umwandlung bei Säugethieren und Menschen beendigt (Donders und Moleschott). Bei kaltblütigen Thieren ist sie bedeutend verzögert. Am allerlangsamsten erfolgt sie nach meinen Beobachtungen bei Fröschen, denen die Leber ausgeschnitten ist.

Blutzellen, erst farblose, dann farbige, sind die ersten Formbestandtheile, die sich im fertigen Körper entwickeln. Die Entwicklung ist begründet in der eigenthümlichen Mischung des Bluts. Eine Flüssigkeit, in der Eiweiß, Fett, Zucker und Salze gelöst sind, enthält alle Bedingungen, welche die Mehrung von Kernen und Zellen erfordert. Das Blut ist eine vollendete Keimflüssigkeit, in der man Gelegenheit hat, verschiedene Altersstufen von Zellen zu erforschen. Mit dem Bilde der Blutbereitung haben wir eine Anschauung von der wichtigsten Entwicklung der Nahrung nach Mischung und Form.

XI.

Asche der Thiere und Menschen.

Es war ein kostbarer Staub, den die Alten in Aschenkrügen in ihren Gräbern beisetzten. Denn die Asche enthielt den Stoff, mit dessen Hülfe die Pflanzen aus Bestandtheilen der Luft Thiere und Menschen zu erschaffen vermögen.

Mit Ausnahme der Stoffe, die wir in der Asche finden, sind die Elemente aller übrigen Bestandtheile des Körpers von Pflanzen, Thieren und Menschen in der Luft enthalten. Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sind zum Theil frei, zum Theil als Kohlensäure, Wasser und Ammoniak in dem Dampfkreis unserer Erde vorhanden.

Aus Kohlensäure und Wasser bildet die Flachspflanze den Zellstoff, das Zuckerrohr den Zucker. Ohne anorganische Stoffe im Boden ist aber die Bildung des Zuckers im Zuckerrohr, des Zellstoffs im Flachs nicht möglich. Mayer und Brazier haben es in einem

ebenso schönen als richtigen Gleichniß ausgedrückt: „Die Vegetation der Flachspflanze gleicht dem Wachs„thum des Zuckerrohrs, von dessen Pflege wir ein „ganz aus atmosphärischen Bestandtheilen zusammen„gesetztes Produkt erwarten. Die anorganischen Theile, „welche von der Pflanze aufgenommen werden, sind „nur die Werkzeuge, um es hervorzubringen, und „sollten ebenso sorgfältig bewahrt werden, wie die „Werkzeuge in einer Fabrik, um bei der Erzielung „künftiger Erndten ferner Dienste zu leisten."

In derselben Weise sind die anorganischen Bestandtheile des Bluts die Werkzeuge, mit deren Hülfe aus den organischen Stoffen desselben die verschiedenen Gewebe unseres Körpers gezeugt werden. Schon im Blut ist die Entwicklung der Formbestandtheile, der Blutkörperchen, gegründet auf die Trennung der Kalisalze und Natronsalze, die beide aus der Nahrung der Blutbahn zufließen. Die Blutkörperchen enthalten die Kalisalze, während die Natronverbindungen in der Blutflüssigkeit gelöst sind. Kochsalz, eine Verbindung von Natrium und Chlor, ist nur in der Flüssigkeit, die Verbindung von Kalium und Chlor ist vorzugsweise in den Körperchen vorhanden (C. Schmidt). Und also finden wir schon im Blute den Beweis für Liebig's Ausspruch, daß Kali und Natron, so ähnlich sie auch in anderen Eigenschaften sind, sich im Thier-

körper nicht ersetzen können. Auf gleiche Weise fand Schmidt in den Körperchen die Phosphorsäure, in der Flüssigkeit Kalk und Bittererde, Kohlensäure und Schwefelsäure vorherrschend.

Am allerinnigsten ist aber die Verwandtschaft einer organischen Gruppe von Elementen zu einem anorganischen Körper in dem Farbstoff des Bluts, der in den farbigen Körperchen enthalten ist. Dieser Farbstoff ist eine Verbindung von Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, zu der sich das Eisen gesellt, etwa so wie der Schwefel zum Eiweiß gehört.

Liebig glaubte, daß der Blutfarbstoff das Eisen in Verbindung mit mehr oder weniger Sauerstoff enthalte. Mulder hat aber durch die schlagendsten Gründe dargethan, daß daß Eisen des Blutfarbstoffs nicht als solches mit Sauerstoff verbunden ist. Durch starke Schwefelsäure läßt sich nämlich das Eisen aus dem Farbstoff entfernen. Es verhält sich dabei ganz so wie metallisches Eisen. Denn es entzieht dem vorhandenen Wasser seinen Sauerstoff, verwandelt sich auf Kosten des Wassers in Eisenoxyd, das sich mit der Schwefelsäure verbindet, während zugleich eine Entwicklung von Wasserstoff vor sich geht. Dabei behält man eine organische Gruppe zurück, deren Sauerstoffgehalt sich nicht verändert hat. Wäre das Eisen als Oxyd oder Oxydul im Farbstoff vorhanden, dann hätte die Schwefelsäure

demselben nicht bloß das Eisen, sondern zugleich einen Theil seines Sauerstoffs rauben müssen.

Der Farbstoff des Bluts ist nach den neueren Untersuchungen ein gepaarter Körper, der den höchsten Grad der Zusammensetzung zeigt. Einer seiner Paarlinge ist der alte Blutfarbstoff*), den Mulder untersucht hat, der andere ein eiweißartiger Körper, der mit einem der beiden Faserstoffbildner**) übereinstimmen soll. Die Verbindung, in der beide, der Farbstoff im engeren Sinne und der eiweißartige Körper gepaart sind, nennt man Blutkörperchenstoff***), weil er in der That fast ganz den Körperchen angehört, ohne deshalb dem Blutwasser durchaus zu fehlen. Dieser Blutkörperchenstoff zerfällt unter den verschiedensten Einflüssen, bei einer Erwärmung auf 70 bis 80°, oder durch Säuren, Alkalien, Alkohol, Metallsalze, in seine beiden Paarlinge, Blutroth und Eiweiß, welches letztere aus dem oben bezeichneten Faserstoffbildner bei der Zersetzung entsteht.

In dem Blutkörperchenstoff hat man die Sauerstoffverbindung gefunden, welche Liebig für das Eisen vermuthet hatte. Eine Lösung desselben zeigt nämlich zum Licht ein verschiedenes Verhalten, je nach-

*) Hämatin, Hämatosin. (Chevreul.)

**) Fibrinoplastische Substanz oder Paraglobulin. (A. Schmidt.)

***) Hämoglobin.

dem ihr Sauerstoff zur Verfügung stand, oder Sauerstoff entzogen wurde. Im letzteren Falle läßt sie weniger gelbes Licht durch als im ersteren, in diesem dagegen weniger orangegelbes und grüngelbes als in jenem. Statt einer Verbindung des Eisens im Blutroth mit mehr oder minder Sauerstoff, als Eisenoxyd oder Eisenoxydul, hat man eine organische, gepaarte Verbindung im Blutkörperchenstoff, die im schlagaderlichen Blut mit mehr, im aderlichen mit weniger Sauerstoff verbunden ist.

Das Blut läßt sich für die Gewebe in jeder Rücksicht mit den in der Ackererde gelösten Stoffen für die Pflanzenwurzel vergleichen. Die anorganischen Bestandtheile des Bluts hängen von der Nahrung ab. Kohlensaure Salze sind zwar, wie auch ich gefunden habe, in jedem Blut enthalten. Allein beim Genuß von Kräutern nehmen die kohlensauren Salze im Blut bedeutend zu, während sie einem Uebergewicht der phosphorsauren Salze weichen beim vorherrschenden Genuß von Fleisch und Brod, ohne deshalb jemals ganz zu verschwinden (Verdeil). Daher kommt es, daß das Blut eines fleischfressenden Hundes weit mehr Phosphorsäure führt, als das von Ochsen oder Schaafen.

Ob nun das Blut kohlensaures oder phosphorsaures Natron in überwiegender Menge enthält, ist

keineswegs gleichgültig, schon weil die Kohlensäure und Phosphorsäure verschieden sind, namentlich aber deshalb, weil kohlensaure Alkalien bisher für kein einziges Gewebe, phosphorsaure Verbindungen dagegen für alle von der allerwichtigsten Bedeutung befunden wurden.

Nur in einer Beziehung zeigen das kohlensaure und phosphorsaure Natron große Aehnlichkeit. Beide Salze vermögen es, Kohlensäure zu binden. Das kohlensaure Natron verwandelt sich hierbei in doppelt kohlensaures Salz, und das phosphorsaure nimmt nach Fernet auf je einen Bautheil Phosphorsäure, die es enthält, zwei Bautheile Kohlensäure auf. Aber diese Kohlensäure ist von beiden Salzen so locker gebunden, daß sie schon im luftleeren Raume wieder entweicht, oder auch wenn ein anderes nicht chemisch einwirkendes Gas, wie Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstoff, durch die Lösung der Salze geleitet wird. Daß die Kohlensäure im luftleeren Raum das phosphorsaure Natron wieder verläßt, habe ich selbst bereits im Jahre 1847 angegeben*), aber Fernet hat das Verdienst, das Mengenverhältniß bestimmt zu haben, in

*) Holländische Beiträge zu den anatomischen und physiologischen Wissenschaften von J. van Deen, F. C. Donders und Jac. Moleschott, S. 173.

dem sich Kohlensäure in jenem lockeren Zusammenhang mit phosphorsaurem Natron paaren kann.

Wenn nun das Blut durch die Nahrung innerhalb gewisser Grenzen verschieden wird, so muß sich dieser Einfluß geltend machen auf die Gewebe, die aus dem Blut entstehen, ebenso wie zwei Ackererden von verschiedener Mischung ihren Einfluß auf die Erzeugnisse des Bodens geltend machen.

Gleichnamige Gewebe und Erndten können allerdings durch zwei verschiedene Blutarten und zwei verschiedene Ackererden hervorgebracht werden, aber jedem wesentlichen Unterschied in der Mischung des Bluts und des Ackers muß eine Verschiedenheit in Geweben und Erndten entsprechen.

Da das Blut in einem und demselben Einzelwesen, im Großen und Ganzen, eine gleichmäßige Mischung darstellt, welche vom Herzen durch die Schlagadern den verschiedensten Körpertheilen zugeführt wird, um durch die Wand der feinsten Gefäße, in welche sich die Schlagadern auflösen, in die Gewebe hinüberzuschwitzen, so ist es klar, daß eine verschiedene Zusammensetzung der Gewebe nur dadurch herbeigeführt werden kann, daß die einzelnen Bestandtheile des Bluts die eigentliche Blutbahn an verschiedenen Stellen mit verschiedener Geschwindigkeit verlassen.

Und so geschieht es wirklich. Die Naturlehre des Menschen und der Thiere ist schon seit längerer Zeit im Besitze eines bedeutsamen Winkes für dieses Verhältniß, insofern sie weiß, daß die Haargefäße — so heißen jene feinsten Kanäle, in welche sich die Schlagadern auflösen und welche die Schlagadern mit den Adern verbinden, — in verschiedenen Theilen des Körpers einen sehr verschiedenen Durchmesser besitzen und Netze bilden, deren Formen für die einzelnen Gewebe und Werkzeuge eigenthümlich sind. Das Hirn ist durch sehr feine, das Knochenmark durch fünfmal so weite Haargefäße ausgezeichnet. In den Nerven ist das Netz der Haargefäße aus langgestreckten und unregelmäßigen Maschen zusammengesetzt. In der Lunge sind die Maschen eng und rundlich, wenn ihre Bläschen prall mit Luft gefüllt, und mehr oder weniger rautenförmig, wenn dieselben bis auf einen gewissen Grad zusammengefallen sind. In den Muskelhäuten des Darms findet man sie regelmäßig rechteckig. Hier, wie in den Muskeln überhaupt, ist das Haargefäßnetz ziemlich dicht. (Gerlach.)

Im Allgemeinen treten die eiweißartigen Stoffe des Bluts um so leichter durch die Wand der Haargefäße hindurch, je größer der Widerstand ist, den das Blut beim Fließen durch jene Kanäle zu überwinden hat. Dieser Widerstand kann aber nicht un-

abhängig sein vom Durchmesser der Gefäße und eben so wenig von deren Verlaufsweise, wie sie in der Form der Maschen ihres Netzes zum Ausdruck kommt, wenn auch das Maaß solcher Unterschiede, wie sie hier in Betracht kommen, bisher der Lehre vom Wasserdruck nicht zugänglich war.

Ist es zu verwundern, daß jene eigenthümliche Beschaffenheit der Haargefäße auch der Schnelligkeit, mit welcher ihre Wand von den einzelnen Blutbestandtheilen durchsetzt wird, ihr Gepräge aufdrückt? Für die organischen Stoffe hat C. Schmidt jenen Wink zu einer höchst lehrreichen Thatsache gestaltet, die in mehren Fällen von Ludwig Wachsmuth bestätigt wurde. Aus den Haargefäßen in der Haut, welche die Lungen überzieht, schwitzt das Eiweiß rascher durch, als aus den Haargefäßen, die in dem Bindegewebe unter der allgemeinen Körperhaut verlaufen.

Auf die merkwürdigste Weise hat sich dieses Wechselverhältniß zwischen der Schnelligkeit, mit welcher die einzelnen Stoffe das Blut verlassen, und der Zusammensetzung der Gewebe für die anorganischen Bestandtheile herausgestellt.

Wir haben durch eine der schönsten Untersuchungen Liebig's erfahren, daß während in dem Blut das Kochsalz bedeutend über Chlorkalium vorherrscht, in den Muskeln gerade umgekehrt das Chlorkalium reich-

licher als Kochsalz vertreten ist. Wenn aber in dem Blut viel Natron und wenig Kali, in den Muskeln viel Kali und wenig Natron enthalten ist, wenn es ferner feststeht, daß die Muskeln ihren sämmtlichen Kaligehalt nur vom Blut beziehen, so müssen die Haargefäße der Muskeln das Kali des Bluts mit größerer Geschwindigkeit austreten lassen, als das Natron.

Gerade umgekehrt in den Knorpeln. Die Knorpel enthalten kein Chlorkalium, dagegen sehr viel Kochsalz. Es ergiebt sich daraus mit Nothwendigkeit, daß Chlorkalium durch die Haargefäße der Knorpelhaut viel langsamer ausschwitzt, als durch die Haargefäße der Muskeln. Ja, wenn es sich bestätigt, daß die Knorpel gar kein Chlorkalium führen, dann ist die Geschwindigkeit, mit welcher das Chlorkalium sich aus dem Blut in die Knorpel bewegt, mit dem Mathematiker zu reden, unendlich klein.

Knorpel und Muskeln verhalten sich hinsichtlich der Vertheilung von Chlornatrium und Chlorkalium zu einander wie Blutflüssigkeit und Blutkörperchen.

Ob an einer gegebenen Stelle des Körpers Muskel- oder Knorpelgewebe aus dem Nahrungssaft, d. h. aus der durch die Haargefäßwand hindurchgeschwitzten Flüssigkeit hervorgeht, das ist wenigstens theilweise bedingt durch das Vorherrschen von Natron oder Kali an den betreffenden Orten.

Darin liegt also der unschätzbare Werth der Asche der Gewebe. Die Verschiedenheit der Gewebe ist vor allen Dingen gegründet auf die Mannigfaltigkeit der anorganischen Bestandtheile, welche durch die einzelnen Haargefäßgruppen mit wechselnder Geschwindigkeit hervorschwitzen. Diese anorganischen Stoffe sind es, welche beim Verbrennen der Gewebe als Asche zurückbleiben, während sich die organischen Bestandtheile verflüchtigen.

Die Muskeln entstehen nur mit Hülfe des Chlorkaliums. Chlorkalium ist das Muskelsalz. Kochsalz ist der Gewebebildner der Knorpel. Das Kochsalz ist das Knorpelsalz. Ebenso ist der phosphorsaure Kalk als der wichtigste Gewebebildner der Knochen zu betrachten. Der phosphorsaure Kalk geht mit der leimgebenden organischen Grundlage der Knochen chemische Verbindungen ein. Man nennt daher den phosphorsauren Kalk Knochenerde. In demselben Sinne darf man die phosphorsaure Bittererde als Muskelerde bezeichnen. Fluorcalcium, eine Verbindung, in welcher der Sauerstoff des Kalks durch Fluor vertreten ist, erscheint als Knochensalz.

Zu den Haaren gehört als Gewebebildner das Eisen. Das Eisen ist nicht nur Blutmetall, es ist auch als Haarmetall zu würdigen und zeichnet außerdem das Gehirn und die Krystallinse des Auges aus. In dem Kieselpanzer der Aufgußthierchen ist es nach Ehren-

berg nicht minder beständig als der phosphorsaure Kalk in den Knochen der Wirbelthiere. Es fehlt dagegen nach Plugge den von Blut und fremden Anhängseln gehörig befreiten Knochen.

Von allen anorganischen Stoffen, die in der Asche wiedergefunden werden, hat die Phosphorsäure die weiteste Verbreitung im Thierkörper. Sie ist in den Knochen an Kalk, in den Muskeln an Kali und Bittererde, in der Leber an Alkalien, Erden und Eisen, besonders reichlich im Hirn an Kali und Natron, an Eisen, Kalk und Bittererde gebunden. Alle eiweißartigen Stoffe des Körpers enthalten eine gewisse Menge phosphorsauren Kalks. In manchen Theilen des Leibes, im Hirn, in den Eiern, im Samen und bereits im Blut ist der Phosphor sogar mit einer organischen Gruppe in der Weise gepaart, daß ein phosphorhaltiges Fett daraus hervorgeht. Deshalb ist man berechtigt zu sagen, daß das Blut und Hirn, Eier und Samen, kurz gerade die Theile, welche auf der höchsten Staffel des Lebens stehen, ein phosphorhaltiges Fett besitzen, in dem ihre wesentlichste Eigenthümlichkeit begründet ist. Und es erklärt sich hieraus, daß in der Asche des Hirns eine ansehnliche Menge freier Phosphorsäure gefunden wird. (Breed.)

Wird das Hirn zu Kohle verbrannt, dann besitzt diese eine saure Beschaffenheit; sie röthet, wenn sie

vorher mit etwas Wasser angefeuchtet wird, einen Streifen blauen Lackmuspapiers. Die freie Säure ist keine andere als Phosphorsäure.

So wichtig ist jene organische Gruppe des Hirns, in deren Zusammensetzung der Phosphor eingeht, daß ihre größere oder geringere Menge schon jetzt, nachdem das phosphorhaltige Fett erst seit wenig Jahren genau erforscht ist, einen merkwürdigen Unterschied zwischen den Hirnen verschiedener Thiere kennen lehrte. Nach Lassaigne zeigen das Hirn und das verlängerte Mark der Katze und der Ziege nach der Verkohlung keine so deutlich saure Beschaffenheit, wie dieselben Theile des Pferdes. Die Menge des phosphorhaltigen Fetts im Hirn verschiedener Thiere ist demnach verschieden groß.

Ganz in derselben Weise, wie in dem Einzelwesen die Art der Gewebe zu einem großen Theil bedingt ist durch die anorganischen Bestandtheile, welche an einer gegebenen Stelle das Blut der Haargefäße verlassen, so sind auch die Merkmale der Art, welcher das Einzelwesen angehört, die Gründe ihrer Entstehung und Ausbildung in den Aschenbestandtheilen zu suchen, die ihr Körper bei der Verbrennung zurückläßt.

Natürlich ist hier mit der Nahrung die erste Quelle des Unterschieds in der Zusammensetzung des Bluts

gegeben. Ich habe schon erwähnt, wie deutlich die Phosphorsäure vorherrscht im Blut von Menschen und Thieren, die vorzugsweise Fleisch und Brod genießen, und wie sie der Kohlensäure weicht, wenn die Nahrung vorzugsweise in Kräutern bestand.

Das Eisen des Bluts der Menschen und der Wirbelthiere ist in dem Blut der Weinbergschnecke von Kupfer begleitet. Den phosphorsauren Kalk des Menschenbluts vertritt kohlensaurer Kalk bei der Teichmuschel.

Wenn wir durch C. Schmidt erfahren, daß das Blut der Schalthiere so reichlich mit kohlensaurem Kalk geschwängert ist, daß dieses Salz beim Verdunsten des Bluts in Krystallen anschießt, dann werden wir uns nicht wundern, daß man die Schalen der Muscheln benützt, um Kalk daraus zu brennen. Der Kalk der Schalen stammt vom Blut, wie der des Blutes von der Nahrung.

Die Knochen der Lurche und Fische kennt man an dem schwefelsauren Natron, das sie führen; die Zähne der Dickhäuter an der phosphorsauren Bittererde (von Bibra). In den Knochen der Pflanzenfresser ist mehr phosphorsaure Bittererde zugegen, als in denen der Fleischfresser und der Menschen (Berzelius, Valentin).

Kieselsäure ist zwar sehr allgemein ein Baustoff horniger Theile. Sie findet sich in Haaren, in Wolle und Schleim. Vor allen anderen sind aber die mächtig entwickelten Horngebilde der Vögel, die Federn, durch ihren Reichthum an Kieselerde ausgezeichnet. Unter den Vögeln sind es wieder die körnerfressenden, welche die von Fischen und anderen Wasserthieren lebenden übertreffen. Der Haushahn steht durch den bedeutenden Kieselerdegehalt seiner Federn unter den Vögeln obenan (von Gorup-Besanez). Und diese Kieselerde ist nach Poleck schon im Ei, in welchem die Federbildung weit voranschreitet, enthalten. In 100 Theilen der Asche des Eiweißes im Hühnerei wurden nicht weniger als 7 Theile Kieselsäure gefunden.

Wenn aber die regelmäßigen anorganischen Bestandtheile von Thieren und Menschen eine so gesetzmäßige Anziehungskraft üben und erleiden im Verhältniß zu den organischen Grundlagen des Körpers, so fehlt eine solche Verwandtschaft auch nicht für diejenigen, die nur unter besonderen Einflüssen, sei es der Nahrung oder der Arzneien, dem Körper einverleibt werden.

Aus diesem Gesichtspunkt ist das Verhalten der Metalle vorzugsweise lehrreich. Bei manchen Thieren führt die Leber schon unter gewöhnlichen Umständen Kupfer. Bei der Weinbergschnecke entspricht der Kupfer-

gehalt der Leber der Anwesenheit des Kupfers im Blut (Harleß). Genth fand Kupfer in dem weißlichblauen bis himmelblauen Blut einer Art von Moluckenkrebs*), von Bibra in der Leber beim Taschenkrebs, bei Forellen, Haifischen und Sonnenfischen.

Nun aber enthält das Getreide bisweilen Kupfer, das aus der Ackererde, z. B. aus Thonschiefer oder aus gelbem Thon, aufgenommen werden kann. Es ist nur eine weitere Entwicklung dieser Thatsache, daß man auch im Blute gelegentlich Kupfer gefunden hat. Das Kupfer fand sich wieder in der Leber beim Schwein und beim Ochsen; seine Anwesenheit war durch Verhältnisse der Nahrung bedingt.

Die Anziehungskraft für Metalle bewährt die Leber auch in dem regelmäßigen Zustand der Wirbelthiere. Eisen ist in der Leber in nicht unerheblicher Menge vertreten, und die Galle, die Flüssigkeit, welche von der Leber bereitet wird, zeichnet sich z. B. vor dem Harn durch ihren regelmäßigen Gehalt an Eisen aus. Es gewinnt diese Thatsache besonders dadurch an Gewicht, daß die Leber zwar nicht die ausschließliche, aber doch eine vorzügliche Bildungsstätte der farbigen Blutkörperchen darstellt. Ohne eisenhaltigen Farbstoff können sich jedoch die farbigen Blutkörperchen nicht

*) Limulus Cyclops, Fabricius; in Philadelphia unter dem Namen King's crab bekannt.

entwickeln. Ich habe durch sehr häufig wiederholte Zählungen gefunden, daß bei entleberten Fröschen die Menge der farbigen Körperchen des Bluts im Verhältniß zu den farblosen bedeutend abnimmt.

Ist es bei dieser Verwandtschaft der Leber zu den Metallen, welche die Außenwelt zuführt, zu verwundern, daß das Quecksilber der Heilmittel oder das Blei in langsam entstehenden Bleivergiftungen vorzugsweise in der Leber gefunden wird? In einem Fall von Quecksilbervergiftung konnte von Gorup-Besanez das Quecksilber unter mehren untersuchten Geweben mit völliger Sicherheit bloß in der Leber, dagegen gar nicht in dem Herzen und in den Lungen, im Gehirn nur zweifelhaft nachweisen. Erst neuerdings fanden Chatin und Bouvier bei einem an Bleilähmung verstorbenen Menschen das Blei in Hirn und Leber.

Je größer die Festigkeit der harten Theile im Körper der Wirbelthiere ist, desto bedeutender ist ihr Gehalt an phosphorsaurem Kalk. So sind die Zähne viel reicher an Knochenerde als die Knochen selbst. Von Bibra hat in diesem Sinne einen merkwürdigen Zusammenhang aufgefunden zwischen den Anstrengungen, denen ein Knochen unterworfen wird, und der Menge des phosphorsauren Kalks, die in demselben vorkommt. Er fand am meisten Knochenerde

in dem Schienbein bei Waldvögeln, in dem Oberschenkel bei Scharrvögeln, in dem Oberarm bei Vögeln mächtigen Fluges.

Wenn es in der Nahrung an phosphorsaurem Kalk fehlt, dann werden die Knochen biegsam. Sie sind es bei jungen Kindern, bei denen der Knorpel sich erst allmälig durch die Aufnahme von Knochenerde in Knochen verwandelt. Sie werden es bei Hühnern, denen man in der Nahrung die Kalksalze vorenthält (Chossat). Weiske will allerdings gefunden haben, daß die Entziehung von Kalk oder Phosphorsäure bei Ziegen, obgleich sie die Gesundheit schädigt und sogar zum Tode führt, die Zusammensetzung der Knochen unverändert läßt.*) Allein es scheint eine größere Anzahl von Versuchen erforderlich, sowie die Untersuchung mehrfacher Knochen der Versuchsthiere, bevor man aus dem an einzelnen Mittelfußknochen gewonnenen Befunde Weiske's einen allgemeinen Satz ableitet, zumal wenn man vernimmt, daß eine Ziege in ihrer Milch, in Koth und Harn beinahe dreimal soviel Kalk ausgab, als sie in der Nahrung erhielt. Es ist schwer zu begreifen, daß ein solcher Verlust auf das kalkreichste Gewebe des Körpers ohne Einfluß bleiben sollte, man müßte denn annehmen, daß

*) Zeitschrift für Biologie, VII, (1871), S. 337.

die Thiere eher stürben als der Unterschied für die Untersuchung erheblich ward.

An Kaninchen hat Weiske seine Untersuchungen vervollständigt. In Folge der Vorenthaltung von Kalk in der Nahrung beobachtete er eine Verminderung des Knochengewebes dieser Thiere, und wenn auch die Knochen nach Weiske's Aussage nicht gerade brüchig befunden wurden, so waren doch ihre Wandungen dünner und ihre Markräume weiter als gewöhnlich.*) Hält man sich, ohne viel zu deuteln, an die von Weiske gefundenen Zahlen, so ergiebt sich für die dem Kalkhunger unterworfenen Thiere ebenso wohl eine Verminderung ihrer Knochensalze, wie bei denen, die gar keine Nahrung erhielten. Die Knochen von Kaninchen, die mit kalkfreier Gerste genährt wurden, enthielten durchschnittlich auf 100 Theile ihres Knochenstoffs nur 65, ein regelrecht ernährtes, ungefähr gleich altes Thier dagegen 67,6 Aschenbestandtheile, also ergab sich bei dem Kalkhunger ein Weniger in dem Verhältniß von 100:104. Und wenn dies, wie Weiske meint, daher rührte, daß bei den jungen Kaninchen, die er zu seinen Versuchen benutzte, in Folge der Kalkentziehung das Knochenwachsthum aufhörte, so hat man in diesem Verhalten einen erneuten Beweis für die Lehre, daß sich

*) Zeitschrift für Biologie, Bd. X, S. 424.

ohne die entsprechende Zufuhr von phosphorsaurem Kalk kein regelrechter Knochen entwickeln könne.

Ueberfluß an phosphorsaurem Kalk soll nach einer weit verbreiteten Annahme die Knochen spröde machen. Nach älteren Untersuchungen hielt man es für eine Eigenthümlichkeit des höheren Alters, daß die Knochenerde in den Stützen und Hebeln des Körpers zunimmt, und man sah darin einen der Gründe für die Zerbrechlichkeit der Knochen alter Leute. Nach den Zahlen, die wir von Bibra verdanken, ist aber jener Mehrgehalt an Kalksalz in den Knochen der Greise durchaus nicht beständig, so daß spätere Forscher, wie Lehmann, von Recklinghausen, von Gorup Besanez hier mehr an eine Verschiedenheit der Einzelwesen als an einen regelmäßigen Einfluß des Lebensalters glauben.

So viel steht jedoch nach den Untersuchungen Valentin's fest, daß neugebildetes Knochengewebe reicher an kohlensaurem Kalk ist, der sich erst nach und nach in phosphorsauren verwandelt. Und bei Kaninchen nimmt, wenigstens so lange sie noch im Wachsen begriffen sind, die Menge der Kalksalze in den Knochen zu (Wildt).

Aus allen diesen Thatsachen ergiebt sich für den thierischen Körper ein Gesetz von der allerhöchsten Bedeutung, ein Gesetz, dessen Fruchtbarkeit für das Ver-

ständniß der Ernährung beinahe durch jede neue Thatsache heller beleuchtet wird. Es ist das Gesetz einer festen und nothwendigen Verwandtschaft zwischen den organischen Grundlagen der Gewebe und den anorganischen Gewebebildnern. Durch dieses Gesetz besteht das Recht, das Fluorcalcium Knochensalz oder Zahnsalz, die phosphorsaure Bittererde Muskelerde, das Chlornatrium Knorpelsalz, das Eisen Haarmetall zu nennen.

Diese regelmäßige Beziehung, welche von den Aschenbestandtheilen der Gewebe des Körpers jeden Schein der Zufälligkeit abstreift, kehrt auch für die Flüssigkeiten wieder, welche bestimmte Werkzeuge, die man Drüsen nennt, aus dem Blute absondern. Die Leber, welche die Galle bereitet, die Nieren, welche den Harn, die Brustdrüsen, welche die Milch aus dem Blute abscheiden, sind solche Drüsen.

Für die Milch sind phosphorsaurer Kalk und Kaliverbindungen ebenso nothwendig, wie jener für die Knochen und diese für die Muskeln. Bedenkt man, daß der größte Theil des Körpers aus Fleisch und Knochen besteht, so gewinnt es an innerer Bedeutung auch von dieser Seite, daß die Milch so vorzüglich geeignet ist, die Nahrung des Säuglings zu bilden. Sie führt nicht nur eiweißartige Körper, Zucker und Fett, als Vertreter der drei Hauptklassen organischer

Nahrungsstoffe; sie enthält auch in ihren Aschenbestandtheilen die anorganischen Stoffe, welche wir als die wichtigsten Gewebebildner für die Masse des Körpers betrachten müssen.

Wie die Milch, so sind die Eidotter ausgezeichnet durch einen hohen Gehalt an Kalisalzen und phosphorsauren Erden, welche letzteren auch reichlich im Samen vertreten sind. Während der Entwicklung des Hühnchens nimmt in diesem der Gehalt an phosphorsaurem Kalk im Vergleich zu dem des unbebrüteten Eies zu (Prout). Diese Zunahme beruht nicht auf einer Vermehrung der im Innern des Eies gegebenen Phosphorsäure, sondern auf einem Zuwachs an Kalk, der ohne Zweifel dem kohlensauren Kalk der Eischale entstammte, während die Phosphorsäure von dem gepaarten phosphorhaltigen Dotterfette herzuleiten ist. Im Verlauf der Bebrütung wird die Eierschale immer zerbrechlicher, so daß dem Hühnchen, wenn es sich zum Ausschlüpfen anschickt, sein mühsames, und mit mehren langen Pausen durchzuführendes Unternehmen, die Schale zu durchbrechen, nicht wenig erleichtert wird.

Im Speichel herrscht Chlorkalium vor. Die Menge des Chlorkaliums kann die des Chlornatriums im Speichel um das Sechsfache übertreffen. (Salkowski.) Der Magensaft enthält vorwiegend Chlornatrium, da-

neben aber eine ganze Anzahl von Chlorverbindungen. Am allerbedeutendsten ist Kochsalz im Harn vertreten.

Diesen Verhältnissen fehlt auch die Kehrseite nicht. Das heißt, es kommen Flüssigkeiten vor, in welchen gewisse Salze, die sonst eine weite Verbreitung im Körper zeigen, durchaus nicht vorhanden sind. Der Milch fehlt jede Spur von schwefelsauren Salzen, während sie in Galle und Harn beständig gefunden werden. Im Harn des Menschen fehlt dagegen ganz der kohlensaure Kalk. (von Gorup Besanez.)

Weil die Salze das Blut rascher verlassen als Eiweiß und Fett, so ist es klar, daß das Blut weniger von den betreffenden anorganischen Bestandtheilen enthalten muß, als die Nahrung. Aber unter diesen Stoffen der Asche herrschen einzelne im Blute vor; sie sind in der Asche des Bluts reichlicher vertreten, als in der Asche der Nahrung. Blutasche enthält z. B. verhältnißmäßig mehr Kochsalz als die Futterasche. Das Kochsalz ist unter allen Aschenbestandtheilen des Bluts der nothwendigste; Kochsalz wird in seiner Menge im Blut von keinem anderen anorganischen Stoffe, als vom Wasser, übertroffen.

Schon Johannes Müller hatte nachgewiesen, daß dieser Kochsalzgehalt eine Bedingung ist für den Bestand der Blutkörperchen, die nach Robin und

Verdeil in einer reinen Eiweißlösung rasch zerfallen. „Salz und Brod, macht die Wangen roth.“ Die Salzsäure, eine Verbindung von Chlor und Wasserstoff, ohne welche der Magensaft nicht verdauen kann, verdankt einen Theil ihres Chlorgehalts dem Kochsalz des Bluts. Ohne Zufuhr von Kochsalz würde die Verdauung stocken, wie ohne Blutkörperchen das Athmen. Blut und Gewebe halten jedoch beim Kochsalzhunger ihren Gehalt an diesem Bestandtheil hartnäckig fest. (Kemmerich, J. Forster.)

Jenes Gesetz der Verwandtschaft, nach welchem die thierischen Häute neben gewissen organischen Stoffen auch immer Aschenbestandtheile durchschwitzen lassen, erklärt uns auch das Auftreten der anorganischen Stoffe im Harn. Der Harnstoff gelangt aus den Haargefäßen der Nieren nicht in die feinsten Harnkanälchen dieser Drüsen, ohne von Kochsalz und anderen anorganischen Stoffen begleitet zu sein. Die feinsten Formbestandtheile der Drüsen, seien es Kanälchen oder Zellen, sind von den blutführenden Haargefäßen so dicht umlagert, daß die Wand des Haargefäßes und die der Drüsenkanälchen, die aneinander liegen, zusammen nur eine sehr dünne thierische Haut bilden, durch welche ein beständiger Austausch gegeben ist zwischen dem Blut und dem Inhalt der Hohlräume in den der Drüse eigenthümlichen Formbestandtheilen.

Obgleich die Nahrung Verarmung oder Ueberfluß an bestimmten anorganischen Stoffen im Thierkörper vermitteln kann, so ist es doch gerade ein einfacher Ausfluß des oben aufgestellten Gesetzes, daß es feste Verhältnisse giebt, die von dem Wechsel der Nahrung nicht erschüttert werden.

Zu diesen festen Verhältnissen gehört in erster Reihe immer wieder der Kochsalzgehalt des Bluts. Ein Hund, welcher 18 Tage lang mit Fleisch gefüttert wurde, enthielt dieselbe Menge Kochsalz in seinem Blut, wie nach einer zwanzigtägigen Fütterung mit Brod. Auf die Vertheilung des Kochsalzes an die Blutflüssigkeit und des Chlorkaliums an die Körperchen haben nach C. Schmidt weder die Nahrung, noch der Volksstamm irgend einen Einfluß.

Das auffallendste Beispiel für die Selbständigkeit jenes Verhältnisses der anorganischen Stoffe zu den organischen Bestandtheilen, welche sie begleiten, hat uns, für den Thierkörper, Strecker's Untersuchung der Galle kennen gelehrt. Während im Futter der Wiederkäuer das Kali vorherrscht über das Natron, sind in ihrer Galle die organischen Gallensäuren beinahe ausschließlich an Natron gebunden. Die Rindsgalle enthält nur Spuren von Kali. In der Galle der Seefische, die aus der umgebenden Salzflut doch vorzugsweise Kochsalz (Chlornatrium) schöpfen können,

ist verhältnißmäßig mehr Kali vorhanden, als in der Galle der Flußfische. Es wiederholt sich die von Forchhammer für manche Seepflanzen beobachtete Thatsache, daß ihr Kaligehalt das Natron derselben übertrifft. Die Verwandtschaft der Art siegt über die Gelegenheit der Nahrung.

Es ist wohl von selbst einleuchtend, daß hierdurch die Wichtigkeit der anorganischen Stoffe, die in der Nahrung als Gewebebildner gegeben sein müssen, nicht im Mindesten verringert wird. Im Gegentheil, je schärfer und nothwendiger das Verhältniß bestimmt ist, in welchem die anorganischen Stoffe den organischen folgen müssen und umgekehrt, desto unumstößlicher steht es fest, daß eine gewisse Menge der anorganischen Blutbestandtheile und Gewebebildner nicht fehlen kann, ohne daß dem Körper ein Nachtheil daraus erwächst. Die Entziehung von Kalk und Phosphorsäure hat nach Weiske's Untersuchungen für Ziegen und Kaninchen sogar den Tod zur Folge.

Hierdurch erklärt sich die Thatsache, daß die Schnecken, die in ihrem Gehäuse eine so große Menge Kalk mit sich herumführen, auf Gneis, auf Glimmerschiefer und anderen kalkarmen Gebirgsarten selten sind, zumal wenn es dem Boden an einer üppigen Pflanzendecke fehlt (Roßmäßler). Und die Erfahrung wird uns um so lehrreicher, weil auf der anderen

Seite die Perlmuschel mit ihrer dicken, kalkreichen Schaale in kalkreichem Wasser nicht vorkommt und wenn sie hineingebracht wird, sogar stirbt; denn diese Beobachtung beweist, daß auch eine Ueberfütterung mit den Mineralbestandtheilen unserer Erdrinde möglich ist. Wenn hunderttausend Gewichtstheile Wasser Einen Theil kohlensauren Kalk enthalten, so reicht das hin, um den Bedarf der Perlmuschel zu decken. Aus so kalkarmem Wasser nimmt die Perlmuschel mehr Kalk auf als die verwandten Arten aus kalkreichen Gewässern. So wird man in der That versucht, bei dieser Muschel eine Kalkgier anzunehmen, die sie zum Unheil führt, wenn ihr der Kalk im Ueberflusse dargeboten wird (Johnson und Sendtner). Ein schöneres Beispiel gegen den wählenden Instinkt dürfte schwerlich zu finden sein.

Wir haben schon gesehen, daß die Knochen von Hühnern ihre Festigkeit verlieren, wenn in der Nahrung der Thiere die Kalksalze fehlen. Mulder heilte in einer armen Familie die Neigung zu Knochenbrüchen durch Roggenbrod und Fleisch, das heißt durch eine Nahrung, welche das Blut und durch das Blut die Knochen mit dem nöthigen Gehalt an phosphorsauren Erden versorgen konnte.

Am bekanntesten ist durch die nachtheiligen Folgen, welche aus Mangel an einem anorganischen Stoffe

entstehen, das Fehlen des Eisens im Blut. Und es ist nicht zu verwundern, daß hier die Nachtheile so tief eingreifen, wenn man bedenkt, daß das Eisen im Blutfarbstoff unmittelbar in die organische Mischung der Gruppe eingeht, und die Thätigkeit des Athmens schlechterdings an die Gegenwart des Blutfarbstoffs gebunden ist.

Dieser Eisenmangel ist eines der traurigsten Zeichen der Zeit. Er ist nicht beschränkt auf eine Entwicklungskrankheit der Mädchen, er findet sich bei Frauen und Männern, deren Zahl seit einigen Jahren so bedeutend ist, daß es kaum zu hart scheint, von einem bleichsüchtigen Geschlecht zu reden. Leider wurzelt die Krankheit, deren Zeichen so wechselfällig sind wie kaum von irgend einer anderen, häufig weit tiefer als im Blut, über das Blut hinaus in die Gewebe. Ich habe oben die mächtige Hülfe erwähnt, welche der Umwandlung farbloser Blutkörperchen in farbige in der Leber geleistet wird. Die Aerzte wissen es, wie häufig man der Thätigkeit der Verdauungswerkzeuge, und zwar in erster Linie der Leber, eine andere Richtung geben muß, bevor man dem Blut das fehlende Eisen mit Erfolg darzubieten im Stande ist.

Zu diesen Beispielen, die in dem Bereich jedes Laien liegen, sei noch ein drittes hinzugefügt. Seit undenklichen Zeiten bemüht man sich, die Ursachen des

Kropfs und jener mangelhaften Entwicklung des ganzen Körpers, die man als Cretinismus bezeichnet, zu erforschen. Die besten Stimmen erklärten sich für einen Grundeinfluß der Nahrung, den man eine Zeit lang in einem zu reichlichen Gehalt an Bittererde suchte. Allein die Bittererde kann sehr reichlich im Trinkwasser vorhanden sein, ohne irgend eine nachtheilige Wirkung zu äußern. Die Brunnenwasser von Rhodez enthalten durchschnittlich fünfmal soviel Bittererde als im Thal der Isère mit dem bekannten Chamouny, das durch seine Kröpfe berüchtigt ist, und dennoch kennt man dort weder Kröpfe noch Cretine. (Blondeau.)

Auf eine bessere Spur scheint Chatin geführt zu sein durch seine Entdeckung der Verbreitung des Jods in der ganzen Natur. Chatin fand Jod in Land, in Luft und Wasser, in Thieren und Pflanzen, in Milch, in Eiern, in Wein. Zwar hat man von mehren Seiten den Angaben Chatin's widersprochen und sie durch die Vermuthung verdächtigt, daß das von ihm gefundene Jod nur eine Verunreinigung seiner Prüfungsmittel gewesen sei. (Stevenson Macadam, Lohmeyer, de Luca, Martin, Nadler.) Allein E. Marchand fand Jod in allen natürlichen Gewässern, und auch Barral und Meyrac haben zu gewissen Zeiten Jod im Regenwasser gefunden.

Die wichtigste Bestätigung hat indeß van Ankum den Chatin'schen Untersuchungen ertheilt, indem er das Brunnenwasser aus allen Gegenden Hollands sorgfältig prüfte und unter dreiundachtzig Fällen nur ein einziges Mal das Jod vermißte. Van Ankum fand Jod im Wasser des Rheins und der Maas, der Vecht und der Yssel, in der Luft und im Regenwasser. Das letztere ließ er an zahlreichen Orten Niederlands auffangen, und bei siebenundfünzig Versuchen wurde nur ein einziges Mal kein Jod gefunden. Van Ankum hat sich gegen jede Verdächtigung seiner Beobachtungen geschützt, indem er sich durch genaue Vorsichtsmaßregeln davon überzeugte, daß seine Prüfungsmittel durchaus kein Jod enthielten. Weil man nun eine Form des Kropfs als eine Anschwellung der Schilddrüse, als eine Drüsengeschwulst betrachtet, wie sie häufig durch arzneilichen Gebrauch des Jods geheilt wird, so kam Chatin auf den Gedanken, Jodmangel im Wasser und in den gebräuchlichsten Nahrungsmitteln möchte eine Hauptursache abgeben für Kropf und Cretinismus.

Das Ergebniß der bisherigen Untersuchungen hat sich der Annahme Chatin's günstig gezeigt. In eben jenem Thal der Isère, in dem der Kropf so einheimisch ist, haben Chatin und Fourcault, unabhängig von einander, den Mangel an Jod im

Wasser und in den Nahrungsmitteln durch Versuche dargethan. Wenn man von dem Rhonebecken bei Lyon gegen die Alpen vorschreitet, dann werden Luft und Regen allmälig ärmer an Jod. In den Alpenthälern, welche Italien zugekehrt sind, fand Chatin ebensowenig Jod, wie in den Thälern der französischen Seite. Alle die Thäler aber, welche am heftigsten vom Kropf heimgesucht sind, zeichnen sich durch diesen Mangel an Jod aus, und zwar nicht nur in Luft und Regen, sondern ebenso in der Ackererde und ihren Erzeugnissen. Grange versichert, daß er die von Chatin angegebenen Thatsachen über die Verbreitung des Jods bestätigen könne. Nadler endlich hat in Zürich, wo Kröpfe häufig sind, die Luft, Brunnenwasser, Seewasser, verschiedene Pflanzen*), Brod, Milch und Eier untersucht und kein Jod darin gefunden. Ein einziges Mal fand Nadler bei Anwendung von 18 Eiern in der vom Eiweiß abgepreßten Flüssigkeit eine allerdings sehr geringe aber doch deutliche Spur von Jod.

Einstweilen gebietet die Vorsicht, sofern nicht ausdrücklich Fehler im Untersuchungsverfahren nachgewiesen sind, die bejahenden und verneinenden Ergebnisse der

*) Potamogeton crispus, Nasturtium officinale.

verschiedenen Chemiker lieber auf den Ort, an welchem sie beobachteten, als auf die Sorgfalt, mit welcher sie untersuchten, zu beziehen. Van Ankum versichert so gut als Nadler, daß er sich von der Reinheit seiner Prüfungsmittel überzeugt habe, und überdies hat er ja in einzelnen Fällen das Jod vermißt. Von einer Stimmenzählung kann in solchen Dingen nicht die Rede sein, sonst würden die obigen Anführungen ergeben, daß an gewissen Orten nicht weniger Untersucher Jod gefunden, als es in andern Gegenden andere Chemiker vergebens gesucht haben.

Wenn wir trotz alledem dieses Beispiel bisher als weniger günstig bezeichnen müssen, als das des im Blut fehlenden Eisens oder der Knochen ohne Knochenerde, so liegt das nicht etwa bloß in der geringen Anzahl von Beobachtungen, die uns nur vorsichtig die wichtige Behauptung Chatin's zur Regel erheben lassen, sondern namentlich auch in unsrer bisher vollständigen Unwissenheit über die Beziehung des Jods zur Schilddrüse und anderen Geweben des Körpers. Nur das darf man nicht etwa gegen Chatin's Lehre einwerfen, daß nicht alle Kröpfe durch Jod geheilt werden. Ebensowenig wie Eisenmangel im Blut deshalb aufhört, die nächste Ursache der Bleichsucht zu sein, weil manche Fälle dieser Krankheit dem Eisen widerstehen, ja sogar ausnahmsweise, trotz dargereichten

Eisens, in kurzer Zeit mit dem Tode enden können. (Biermer.*) Denn es ist selbstverständlich, daß das Eisen nur dann helfen kann, wenn es nicht bloß in den Magen, sondern auch in's Blut, nicht bloß in's Blut, sondern auch in die organische Gruppe des Blutfarbstoffs gelangt, und hierauf hat unter Anderen die Leber einen sehr bedeutenden Einfluß.

Daß wir bis jetzt in der Mehrzahl der Fälle solche Einflüsse nicht zu beherrschen wissen, kann die Wichtigkeit der anorganischen Stoffe als Gewebebildner nicht anfechten. Der Bau und die Lebensfähigkeit der Werkzeuge sind durch die nothwendige Menge der anorganischen Bestandtheile bedingt. Darin ist es begründet, daß die in den letzten Jahren erwachte Würdigung des Verhältnisses der anorganischen Stoffe zu den einzelnen Theilen des Körpers, die Würdigung, welche weder hochmüthig verschmäht, noch überschwänglich hofft, der Landwirthschaft und der Heilkunde eine glänzende Zukunft verspricht.

Aber die Wichtigkeit der anorganischen Stoffe ist keineswegs damit erschöpft, daß wir sie als Baustoffe, als Gewebebildner betrachten. Wir haben schon erfahren, wie das Kochsalz die Sauerstoffträger des

*) Vgl. Immermann, Ueber progressive perniciöse Anamie, Deutsches Archiv für klinische Medicin, Bd. XIII, S. 209. Im Text habe ich das Wort Bleichsucht in seiner allgemeinsten Bedeutung gebraucht.

Bluts in ihrer Form erhält, und folglich für die Athmung nicht minder wichtig ist als für die Verdauung, der es ein wirksames Hülfsmittel in der Salzsäure liefert. Durch die Gegenwart von Alkalien werden die Salze organischer Säuren zu Wasser und Kohlensäure verbrannt, und indem sich die einfach kohlensauren Salze, ebenso wie das phosphorsaure Natron, im Blute mit Kohlensäure beladen, werden sie ein Verkehrsmittel, das die Kohlensäure den Lungen zur Ausscheidung zuführt. Wie die Blutkörperchen Sauerstoffträger sind, so dürfen wir die kohlensauren und phosphorsauren Alkalien als Kohlensäureträger bezeichnen, und es wird dadurch verständlich, daß beinahe alle Kohlensäure des Bluts dem Blutwasser angehört.

Es läßt sich Angesichts der eingreifendsten Thatsachen nicht mehr bestreiten, daß die Stoffe, die bei der Verbrennung zurückbleiben, die sogenannten Aschenbestandtheile, zu der inneren Zusammensetzung und damit zu der formengebenden und artbedingenden Grundlage, wie zur Verrichtung der Gewebe ebenso wesentlich gehören, wie die Stoffe, welche die Verbrennung verflüchtigt. Ohne leimgebende Grundlage kein wahrer Knochen, aber ebensowenig ein wahrer Knochen ohne Knochenerde, ein Knorpel ohne Knorpelsalz, oder Blut ohne Eisen, Speichel ohne Chlorkalium; aber auch

kein Athmen, keine Verdauung ohne Kochsalz, ohne Eisen und Alkalien.

Aus Luft und Asche ist der Mensch gezeugt. Die Thätigkeit der Pflanzen rief ihn in's Leben. In Luft und Asche zerfällt der Leichnam, um durch die Pflanzenwelt in neuen Formen neue Kräfte zu entfalten.

XII.

Bildung und Rückbildung im Thier.

Hin und wieder ist es der stofflichen Betrachtung der Vorgänge im Thierkörper zum Vorwurf gemacht worden, daß sie mehr eine chemische sei, als eine physiologische. So lange man freilich von jenen Vorgängen keine andere Kenntniß besaß, als daß wir beim Athmen Kohlensäure austauschen gegen Sauerstoff und daß der Harn Harnstoff und Harnsäure enthält, ohne daß man auch nur eine Ahnung hatte von der Entwicklung der Kohlensäure und der Harnbestandtheile, war jener Gegensatz zwischen chemischer und physiologischer Behandlung berechtigt. Heutzutage liegt aber das Wesen der Physiologie des Stoffwechsels in der Entwicklungsgeschichte der Nahrung und der Auswurfsstoffe. Nahrungsstoffe und Bestandtheile der Ausscheidungen, das sind die Grenzen, zwischen welchen die Verdauung und Gewebebildung eingeschlossen sind. Durch die gründliche Erforschung jener Vorgänge der

Entwicklung ist ein ansehnlicher Theil der Physiologie, ein Abschnitt der Chemie geworden. Es unterliegt keinem Zweifel, die Physiologie, die Lehre des Lebens von Pflanzen und Thieren besteht aus Chemie, Physik und Formbeschreibung der Organismen. Die Zeit ist überwunden, in welcher das Mikroskop allein dem Physiologen Ring und Stab verlieh; Physiologe ist nur, wer das Leben chemisch-physikalisch zu begreifen trachtet.

Aufnahme des Sauerstoffs beim Athmen ist nicht nur die Grundbedingung der Entwicklung der Gewebe, sie ist in noch viel höherem Grade die Ursache der Rückbildung, ohne welche Thätigkeit und Leben nicht denkbar sind.

Wechsel von Stoff und Form in den einzelnen Theilen, während die allgemeine Gestalt dieselbe bleibt, ist das Geheimniß des thierischen Lebens.

Die farblosen Körperchen, die in diesem Augenblick mit dem Blut meinen Körper durcheilen, sind in sechs Stunden zum Theil in farbige Blutkörperchen verwandelt, und diese sind nach längstens drei Wochen aufgelöst und durch andere ersetzt.

Nach Beobachtungen, die ich mit mehreren meiner Heidelberger Schüler im Jahre 1854 angestellt, findet man bereits zwei Stunden nach eingenommenem Mahle die Menge der farblosen Blutkörperchen vermehrt,

um so beträchtlicher, je eiweißreicher die Nahrung beschaffen war.

Aber aus den farblosen Blutkörperchen gehen die farbigen hervor. Nachdem ich diese Umwandlung vor vielen Jahren im Milzblut entleberter Frösche verfolgt hatte*), ist sie in neuester Zeit namentlich von Bizzozero und Neumann im Knochenmark höherer Thiere stufenweise beobachtet. Im Blute der Leber von Embryonen kennt man durch E. H. Weber und Kölliker diesen Uebergang seit langer Zeit. Und zu allen diesen Thatsachen kommt noch, daß Recklinghausen im Froschblut, das er, vor Verdunstung geschützt, mehrere Tage außerhalb des Körpers aufbewahrte, die Verwandlung farbloser Körperchen in rothe ermitteln konnte.

Jede Nahrung führt aus den Milchsaftgefäßen einen Strom von neugebildeten farblosen Körperchen in die Blutbahn, die sich in farbige verwandeln. Ihre Zahl ist um so größer, je eiweißreicher ein sonst gut gemischtes Mahl gewesen.

In den vorerwähnten Untersuchungen, an welchen sich unter Anderen Herr Moos, der jetzige Professor der Ohrenheilkunde in Heidelberg betheiligte,

*) Versuche zur Bestimmung der Rolle, welche Leber und Milz bei der Rückbildung spielen, Müller's Archiv für Anatomie und Physiologie, 1853, S. 80, 81.

fand ich 2 Stunden nach eiweißreichem Mahl: auf je 1 farbloses Blutkörperchen 282 farblose, als mittleres Verhältniß nach Zählungen bei 7 verschiedenen Personen. Sechs Stunden nach der Mahlzeit ist das Verhältniß durchschnittlich 1 : 857. Nach Vierordt's mühsamen Zählungen enthält 1 Kubikmillimeter Blut beim Manne 5 Millionen farbiger Körperchen. Setzen wir mit Bischoff die Gesammtmenge des Bluts beim Menschen zu 5 Kilo, so findet man unter Berücksichtigung des Eigengewichts des Blutes, daß darin in runder Zahl

2 Stunden nach eiweißreichem Mahle 84 Milliarden

6 „ „ „ „ 66 „

farbloser Blutkörperchen enthalten wären. Nehmen wir nun für einen Augenblick an, daß alle diese Körperchen als solche die Bluthahn nicht verlassen könnten, so würde sich ergeben, daß in 4 Stunden 18 Milliarden farbloser Blutkörperchen sich in farbige verwandelt hätten.

Für den ganzen Tag darf man, wenn man an die sonstige Nahrungsaufnahme denkt, diese Zahl getrost verdoppeln, und so würde sich ergeben, daß täglich 36 Milliarden Blutkörperchen neuen Ursprungs wären. Wiederum in runder Zahl bezeichnet, enthalten die 5 Kilo Blut unseres Körpers nahezu 24000 Milliarden (24 Billionen) farbiger Blut-

körperchen, von denen also nur etwa $^1/_{666}$ am Tage erneut würde. Diese Zahl erscheint klein, wenn man sie mit anderen Ergebnissen über die Schnelligkeit des Stoffwechsels vergleicht. Aber wir dürfen nicht vergessen, daß der Zufluß von neuen farblosen Blutkörperchen viel schneller als zwei Stunden nach der Mahlzeit beginnt, und daß die Umwandlung farbloser in farbige viel länger dauert als 6 Stunden nach dem Hauptmahle, da ich 4 Stunden nach dem Frühstück auf 1 farbloses Körperchen im Durchschnitt, statt 357, 466 rothe Blutkörperchen fand. Was aber durch die obigen Rechnungen und Erwägungen bewiesen werden sollte und auch klar daraus hervorgeht, ist das Bestehen einer Blutmause, die ich, um mich sicher keiner Uebertreibung schuldig zu machen, lieber viel zu klein, als auch nur um weniges zu groß annahm.

Freilich bleiben jene farblosen Körperchen nicht alle im Blut. Dieselben enthalten um einen einfachen oder mehrfachen Kern ein Klümpchen Keimstoff*), welches, der Zusammenziehung fähig, seine Gestalt verändert, langsam bald hierher, bald dorthin Fortsätze aussendet, in Folge dessen seinen Ort verändert und, da es auch durch Theilung sich vermehrt, mit dem besten Rechte mit dem berühmten Wechselthier-

*) Protoplasma. (Hugo Mohl), germinal matter (Beale.)

chen*) verglichen wird. Nach der Entdeckung Waller's, der erst durch Cohnheim's Erfahrungen Leben eingehaucht worden, können diese Körperchen, indem sie mit dünnen und lang ausgezogenen Fortsätzen in unsichtbare und vielleicht erst zu grabende Lücken der Gefäßwand eindringen, diese nach und nach durchsetzen.

Nach außen der Gefäße gelangt, kriechen diese Zellen in den Lücken des Bindegewebes weiter, und der Ortswandel, den sie erleben, ist so ausgedehnt und mannigfach, daß diesen farblosen Zellen, denen man nicht bloß im Blut, sondern im Milchsaft, in der Lymphe und allerwärts in jungem Bindegewebe begegnet, vor allen anderen der Name Wanderzellen gebührt.

Sie dürften auch Wandelzellen heißen. Denn wie sie im werdenden Embryo die ursprüngliche Form der meisten, nachher so eigenthümlichen Gestalten der Zellen und Zellenabkömmlinge bilden, so gehen aus diesen Erstlingszellen, mit denen sich der Erwachsene erneuert, bald diese, bald jene Zellenformen hervor. Ich theile ganz die Ansicht Henle's**), nach welcher es auf den Anstoß ankommt, den diese noch unentwickelten

*) Amoeba.

**) Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. Bd. III, 2. Nervenlehre. Braunschweig 1871, S. 20.

und uneigenartigen Zellen erleiden, ob eine Bindegewebszelle, ein farbiges Blutkörperchen, eine Belegzelle*) oder Nervenzelle daraus hervorgehen wird.

Damit sind wir aber schon mitten in der Neubildung von Formelementen der Gewebe, zu welcher das Blut mit fertig gebildeten Bauformen beiträgt.

Eine solche Erneuung setzt aber mit Nothwendigkeit einen Untergang von Zellen voraus, an deren Stelle, wenn das Gewicht und der Aufbau des Körpers keine wesentlichen Veränderungen erleidet, verjüngte Gebilde treten.

In der That, wo man Gelegenheit hat, den Bestand der Gewebe genau zu verfolgen, findet ein solches Gehen und Vergehen unabläßig statt. Von den Haaren verlieren wir nicht etwa blos die Spitzen, die wir abschneiden, sondern auch bei ganz gesundem Haarboden findet ein zeitweiliges Ausfallen der Haare statt. An den Augenwimpern ist dieses Ausfallen ohne Verminderung ihrer Anzahl am leichtesten zu beobachten und wohl Jedermann bekannt. So wächst der Nagel von seiner Wurzel und seiner Grundlage immer neu, er schiebt sich vor, und wenn wir den freien Rand nicht von Zeit zu Zeit abschneiden, so wird er brüchig, spröde, er wird abgenutzt oder abgestoßen, und der Ersatz ist schon geboten, ehe noch der Verlust beginnt.

*) Epithelzelle.

Bei Neugeborenen kann man öfter das Abfallen des ganzen freien Nagelrandes beobachten. So oft wir uns waschen, werden schmutzig gewordene Oberhautplättchen entfernt, und auch bei Solchen, die sich gegen das Gebot der Reinlichkeit versündigen, werden oberflächliche Hornschichten durch den Schweiß eingeweicht, durch Reiben gelockert, durch die Kleider abgeschabt, so daß immer von Zeit zu Zeit eine Abschuppung stattfindet, ohne daß ihr eine bleibende Verdünnung der Oberhaut nachfolgt, da diese stets aus der Tiefe nachwächst.

Was hier an der Oberfläche des Körpers als Stoff- und Formenwechsel so unverkennbar ans Licht kommt, das wiederholt sich nicht minder für die inneren Höhlen des Leibes. Auch der gesundeste Mensch hat hier und da das Bedürfniß sich zu räuspern, und mit dem Schleim, den er auswirft, entfernt er Belegplättchen des Schlunds und der Mundhöhle, Flimmerzellen des Kehlkopfs, der Luftröhre und ihrer Aeste, ebenso wie er die Nase nicht schneuzen kann, ohne daß abgestoßene Belegzellen der Nasenhöhle ausgetrieben werden.

Ebenso ist der Harn unter regelrechten Verhältnissen keineswegs ganz frei von Formbestandtheilen, die der Blase und sonstigen Harnwegen, und bei der Frau zum Theil der Schleimhaut der Scheide entstammen.

Viel ausgesprochener, weil auf einen kurzen Zeitraum zusammengedrängt, ist die Erneuerung in der Gebärmutter bei jeder monatlichen Reinigung. Nicht nur daß hier aus geborstenen Haargefäßen das Blut in wägbarer Menge aussickert, solches Blut ist stets mit Trümmern von Belegzellen und theilweise mit unversehrten Flimmerzellen vermischt, ja wenn es hoch kommt, kann eine ganze Schicht der Gebärmutter-Schleimhaut mit verhältnißmäßig langen Bruchstücken der Gebärmutter-Drüschen und Blutgefäße abgestoßen werden (Farre, Saviotti), die sich von einem Monatflusse zum anderen wieder erneuern.

Am wichtigsten erscheint dieses Zerfallen und Verjüngen, wenn es sich als Grundbedingung eingreifender Verrichtungen ausweist. Dem befruchteten Ei, das sich entwickelt, folgt das Reifen eines anderen nach, das allerdings in seiner einfachsten Form schon beim neugeborenen Mädchen angelegt ist. Damit aber das Ei befruchtet werde, muß der Samen mit seinen beweglichen Fäden aus den Zellen der Hodenkanälchen oder deren Kernen hervorgehen. Und wenn die Milchabsonderung beginnt, die den Säugling zu nähren hat, sind es die Zellen, welche die Bläschen der traubenförmigen Milchdrüsen auskleiden, die zu Milchkügelchen zerfallen, um sich immer wieder zu erneuern (H. Meyer). Hier dauert das Bilden und Schwinden

Monate lang, ein leuchtendes Beispiel für das unablässige Werden, das die Bauformen unseres Körpers auszeichnet.

So werden bei der Absonderung des Magensaftes rundliche Zellen aus den Labdrüsen entleert, die sich mit kegelförmigen Zellen des Magenschleims vermischen. Leberzellen werden freilich in der Galle nicht gefunden, da dieselben aber zu groß sind, um die feinsten Gallenkanälchen zu durchwandern, so müssen spätere Untersuchungen uns lehren, ob die anscheinende Unvergänglichkeit jener kleinen Werkstätten der Gallenbildung sich nicht als eine nur scheinbare herausstellt. Jedenfalls trifft man in der Leber häufig genug zweikernige Zellen, die auf eine Vermehrung derselben hinweisen, welche nicht denkbar ist, ohne daß andere Zellen dem Untergang anheimfallen.

In Krankheiten gehen sie nur zu häufig zu Grunde.

Der Hauttalg verdankt einer Verfettung von Belegzellen der Talgdrüsen seinen Ursprung, und Zellentrümmer sind im Darmschleim ein nie fehlender Bestandtheil.

Im Inneren der Gewebe des erwachsenen Körpers ist dieses An- und Rückbilden der Formbestandtheile allerdings weniger leicht zu beobachten. Und dennoch ist auch hier nicht daran zu denken, daß Zellen und deren Abkömmlinge bleibende Werkzeuge wären,

durch welche der Saftstrom des Organismus nur hindurch wanderte, wie etwa die Arbeiter durch die feste Behausung einer Fabrik.

Hier leuchtet vor allen anderen das Beispiel der Knochenbildung, das, mit Ausnahme der platten Schädelknochen, beinahe allerwärts in seiner ersten Anlage eine Einschmelzung, nicht etwa blos eine einfache und unmittelbare Umwandlung des Knorpelgewebes voraussetzt (Sharpey). Ein dichtes Gebilde von Knorpelzellen, um welche sich vielfach Kalkkrümmel ablagerten, bildet nach Art eines nicht zur Dauer bestimmten Modells die Vorstufe des Knochens. Es ist von einer zarten Haut umgeben, welche Blutgefäße führt, die in das Innere des Gewebes vordringen und zu wuchern beginnen, wodurch nach und nach ganze Reihen und Haufen von Knorpelzellen verdrängt werden und scheinbare Lücken entstehen, die anstatt der früheren größeren Zellen in viel reicherer Anzahl kleinere Zellen enthalten (H. Müller), die mit farblosen Blutkörperchen verglichen werden und vielleicht den gleichen Ursprung haben (Frey), obgleich sie im Allgemeinen größer sind, indem sie die letzteren, die durchschnittlich $^1/_{100}$ Mm. messen, um $1^1/_2$ bis $2^1/_2$mal im Durchmesser übertreffen. Der eingeschmolzene Knorpel besteht aus solchen Bruträumen, deren Zellenhaufen als Knorpelmark bezeichnet

werden, und Blutgefäßen. Aus den Zellen des Knorpelmarks, von denen sich nur ein Theil in der ursprünglichen Form behauptet, gehen außer Bindegewebs- und Fettzellen des späteren Knochenmarks an der Oberfläche der Bruträume größere rundliche oder elliptoidische Zellen hervor, die den Namen Knochenkeimzellen*) führen, weil von ihnen die eigentlichen Knochenzellen sammt dem schichtweise entstehenden Grundstoff der Knochenplättchen abstammt. In diesem Grundstoff vertheilen sich die Kalksalze nicht mehr in körnigen Häufchen, sondern indem sie ihn gleichmäßig durchdringen.

Und alle diese verwickelten Bildungen und Umbildungen sind in Röhrenknochen Erwachsener wieder vollständig verschwunden, genauer gesagt, in Knochenmark verwandelt. Die bloße Markhöhle zum Beispiel des Oberschenkelknochens ist ja beim Erwachsenen so geräumig, daß darin der ganze Knochen aus früher Kindheit Platz hätte. Während der Knochen an seinen Enden**) in ähnlicher Weise fortwuchs, wie bei seiner Entwicklung aus den Wandlungen des Knorpels, wächst er in die Dicke vermittelst Knochenkeimzellen, die den vorhin erwähnten durchaus gleich sind, aber von dem

*) Osteoblasten, Gegenbauer.

**) Epiphysen.

Bindegewebe der Beinhaut ihren Ursprung herleiten (Ollier). So ist denn im fertigen Knochen beinahe alles harte Gewebe, das dem Knorpel entstammte, verschwunden, und um dasselbe ein Beinhautgebilde entstanden, das die eigentliche Knochenrinde darstellt. Es hat daher nichts Auffallendes, daß die meisten Schädelknochen von vornherein als Entwicklungen der Beinhaut zu betrachten sind, ohne sich in ihrer ersten Bildung an den Knorpel anzulehnen, da sie unabhängig von diesem auf seiner Außenfläche entstehen. Eben deshalb hat Kölliker, der sich um ihre Entwicklungsgeschichte verdient gemacht, für sie die Bezeichnung Deckknochen in die Wissenschaft eingeführt.

Die Zahnbildung im Ganzen und der Ersatz, der für die Milchzähne geboten wird, lassen sich jener gewaltigen Umwandlung und Neubildung der Knochen, die bis an die Grenzen des Jünglingsalters reicht, zur Seite stellen.

Wo aber ist die wirkliche Grenze jenes üppigen Zellenlebens, das bald neue Gewebe schafft, bald ganze Werkzeuge, wie zum Beispiel das Bröschen*), dem Untergang entgegenführt? Letzteres, dem kindlichen und dem jugendlichen Organismus eigenthümlich, reicht zwar oft mehr oder weniger spät in das reifere Lebensalter

*) Thymus.

hinein, in diesem aber verwandeln sich seine Formbestandtheile in Fettzellen, welche die ursprünglichen Formelemente überwuchern und mit vollständigem Schwunde enden. Beim Untergang, wie beim Aufbau, findet zuerst eine Umformung der Bautheile statt, welche die An- oder Rückbildung vorbereitet.

Die Wissenschaft ist längst darüber hinaus, in dem wunderbaren Gefüge der Knochen nur ein Gerippe von Stützen und Hebeln zu sehen, das gleichsam todten Werkzeugen im Dienste zusammenziehungsfähiger Gewebe zu vergleichen wäre. Gibt es doch in keinem anderen Gewebe unseres Körpers ein so scharf ausgeprägtes Kanalwerk, in welchem die feinen blutgefäßführenden Kanälchen einerseits mit der Markhöhle und andererseits mit den feinsten Ausläufern der Knochenkörperchen zusammenhängen, welche wir als die allerengsten Lymphe führenden Gängelchen des Leibes betrachten können. Und als Bildungsstätte der Blutkörperchen macht das Mark der Knochen, das so häufig als Sinnbild von Kraft und Markigkeit gegolten, seinem Namen die beste Ehre (Bizzozero, Neumann).

Wenn aber diese scheinbar ruhigsten Körpertheile an den Vorgängen der Ernährung, des Abbruchs und des Aufbaues so lebhaften Antheil nehmen, diejenigen, deren Thätigkeit am meisten in den Vordergrund tritt, stehen ihnen gewiß in jenem Formenwandel nicht nach.

Spricht doch zu Gunsten jener Behauptung für den Muskel schon die Thatsache, daß in dem werdenden Gebilde nicht blos die Dicke, sondern auch die Zahl der Fasern zunimmt (Budge), und in Muskelwunden eine Neubildung der Fasern stattfindet. Bei erwachsenen Fröschen beobachteten von Wittich und Weismann im Winter das Werden und Vergehen. Letzteres war auch hier zunächst durch eine Verfettung der Fasern bezeichnet. Man darf es als Regel aufstellen, daß der Untergang der Gewebeformen allemal zunächst in einem Umbau zu Gebilden von geringerer Thätigkeitswürde besteht. Und umgekehrt gehen die neuen Muskelfasern aus tiefer stehenden spindelförmigen Bindezellen hervor, so daß sie nicht auf eine einfache Theilung schon vorhandener Fasern zurückzuführen ist (von Wittich). Bei der Ernährung haben wir es mit einer ähnlichen Entwicklung von Form und Mischung zu thun, wie diejenige, die den Gedanken des Bildhauers von einem Thonmodell zur Marmorsäule erhebt.

In der Regel übertrifft der Durchmesser der Elementartheile in den Geweben des Erwachsenen den in der Jugend bestehenden um viel zu wenig, um daraus allein das Wachsthum der Organe erklären zu können. Wenn das Gegentheil zum Beispiel für die Nervenfasern behauptet wird, so muß doch daran er-

innert werden, daß Harting, der am meisten in dieser Richtung gemessen hat, in einem Hauptnervenstamm des Armes*) beim Erwachsenen 22,560, beim Neugeborenen dagegen nur 21,432 Fasern antraf. Für die Fettzellen soll nach Harting das Wachsthum allerdings nur in der Vergrößerung ihrer Durchmesser, nicht in Vermehrung ihrer Anzahl bestehen. Dagegen wächst die Zahl der Röhren in der Krystallinse, die der Zellen im Knorpel und ohne Zweifel auch in allen den Theilen des Nervengewebes, deren Bau durch die Anwesenheit der Zellen ausgezeichnet ist. In den Ganglien ist es nicht schwer, ganze Bruträume junger Nervenzellen anzutreffen, die aus einer Zellentheilung hervorgingen, noch keine Fortsätze besitzen und von einer weichen Bindegewebskapsel umschlossen sind.

Alle Formbestandtheile des Körpers zerfallen, um sich unablässig zu verjüngen. Der Sauerstoff, den wir einathmen, gelangt aus dem Mund in die Luftröhre, die sich verästelt und an ihren feinsten Endästchen mit seitlichen und endständigen Bläschen besetzt ist, die nur mittelst des Hohlraums des Luftröhrenästchens mit einander Gemeinschaft haben. Die Wand dieser Lungenbläschen ist auf's Dichteste von blutführenden

*) Nervus medianus.

Haargefäßen umsponnen. Aus der Luftröhre gelangt der Sauerstoff in die Lungenbläschen, aus diesen durch die doppelte Wand von Bläschen und Haargefäßen in das Blut, mit dem Blut in das Herz. Und das Herz leitet durch die Schlagadern des sogenannten großen Kreislaufs, der den ganzen Körper beherrscht, das mit Sauerstoff geschwängerte Blut in alle seine Werkzeuge. Sogleich nach seiner Aufnahme wird dieser Sauerstoff zum größten Theil an den Blutfarbstoff gebunden, aber bald verläßt er denselben wieder, um durch die Wand der Haargefäße, in die sich die feinsten Schlagadern auflösen, in die Gewebe einzudringen.

Nun schreitet die Verbrennung fort, welche die Blutbestandtheile in Gewebebildner verwandelte. Die Grundformen der Gewebe zerfallen, indem der Sauerstoff sich mit dem Stoff verbindet, aus dem sie gebaut sind. Denn die Erzeugnisse dieser fortschreitenden Verbrennung sind keiner organisirten Form mehr fähig.

Die Fleischfaser zerfällt in Fleischstoff*), der sich leicht in Fleischbasis**) verwandelt, und Fleischsäure***). Aus Eiweiß und einem eiweißartigen Stoff, dem Muskelstoff†), die auf der höchsten Stufe organischer Mischung standen, gehen andere stickstoffhaltige Kör-

*) Kreatin.
**) Kreatinin.
***) Inosinsäure.
†) Myosin (Kühne).

per hervor, die sich nach und nach durch einen immer größeren Reichthum an Sauerstoff auszeichnen. Die Fleischsäure, die nach Liebig in vorzüglicher Menge in der Fleischflüssigkeit des Huhns vorkommt, ist einer der sauerstoffreichsten Stoffe, die man überhaupt im Thierkörper angetroffen hat.

Die Stellung jener Körper als Auswurfsstoffe ist bezeichnet durch das Auftreten der Fleischbasis im Harn, und daß sie wirklich als solche durch das Blut den Nieren zuwandern, ist erwiesen durch die von Verdeil und Marcet gemachte Beobachtung, daß der Fleischstoff und die Fleischbasis im Blute vorkommen.

Entscheidend war die Leichtigkeit, mit welcher sich Fleischstoff in eine neue Basis*) und in Harnstoff zersetzen ließ, in Harnstoff, den wir als das höchste stickstoffhaltige Oxydationsprodukt betrachten dürfen, das bei der Verbrennung durch das Athmen aus den Geweben entsteht.

Wir kennen übrigens nicht bloß den Fleischstoff, die Fleischbasis und die Fleischsäure als Mittelglieder zwischen Eiweiß und Harnstoff. So wie Liebig jene Stoffe aus der Fleischflüssigkeit gewonnen hat, so ist es Scherer gelungen, in der Milz einen neuen Körper als Uebergang vom Eiweiß zur Harnsäure zu entdecken, dessen Zusammensetzung es rechtfertigt, ihn

*) Sarkosin.

mit dem Namen Harnoxydul*) zu bezeichnen. Dieser Körper unterscheidet sich nämlich von der Harnsäure nur dadurch, daß er weniger Sauerstoff enthält, in ähnlicher Weise wie das Stickstoffoxydul der salpetrichten Säure im Sauerstoffgehalt nachsteht.

Nachdem man diese Rückbildungsstufen der stickstoffhaltigen Gewebebildner in den Geweben selbst aufgefunden hat, ist es fürwahr nicht mehr zu verwundern, daß auch die Endglieder dieser rückgängigen Entwicklung in den Geweben vorkommen. Neben dem Harnoxydul, das nur Sauerstoff aufzunehmen braucht, um sich in Harnsäure zu verwandeln, hat Scherer auch diese in der Milz gefunden. Sie ward in Gießen in zahlreichen Krystallen in den Muskeln eines Alligators angetroffen, und Cloëtta hat sie seitdem in Ochsenlungen nachgewiesen. Man kennt sie heute als Bestandtheil der Nieren und Leber, der Bauchspeicheldrüse und des Hirns.

Aber die Harnsäure ist selbst nur ein Uebergangsglied zum Harnstoff. Auch diese Thatsachen verdanken wir Liebig's Untersuchungen über die Harnbestandtheile, denen er im Verein mit Wöhler eine seiner schönsten und fruchtbarsten chemischen Arbeiten zugewendet hat. Wenn man die Harnsäure mit Bleihyperoxyd behandelt, einem Stoff, der leicht Sauerstoff

*) Hypoxanthin.

abgibt und folglich als ein Verbrennungsmittel anzusehen ist, dann verwandelt sich die Harnsäure in Harnstoff und Kleesäure, zu denen sich noch ein stickstoffhaltiger Körper gesellt, den man im Harn des ungeborenen und neugeborenen Kalbes beobachtet hat*). Auf ähnliche Weise wird die Harnsäure durch den eingeathmeten Sauerstoff im Thierkörper verbrannt. Frerichs hat Kaninchen eine warme gesättigte Lösung von harnsaurem Natron und harnsaurem Ammoniak in das Blut gespritzt und fand darauf die Menge des Harnstoffs im Harn bedeutend vermehrt. Wenn man Kaninchen Harnsäure unter das Futter mischt, dann kann man leicht die Menge des Harnstoffs, die sie im Harn entleeren, um das Doppelte steigern (Neubauer).

Neben dem Harnstoff enthielt der Harn Niederschläge von Kalk, der an Kleesäure gebunden war. Und diese Säure, die nach ihrem Vorkommen im Sauerklee benannt ist, findet sich nicht selten im Harn gesunder Menschen (Höfle, Lehmann). In der Regel wird die Harnsäure wahrscheinlich gleich weiter zu Harnstoff und Kohlensäure verbrannt. Denn die Kohlensäure ist ihrerseits nichts weiter als eine höhere Verbrennungsstufe der Kleesäure, und Neubauer fand im Harn der Kaninchen, denen er einige Gramm

*) Allantoin.

Harnsäure mit Brod oder Möhren reichte, die Kleesäure nicht vermehrt.

In Folge jener im Thierkörper sich ereignenden Umsetzung von Harnsäure in Harnstoff und Kohlensäure erklärt sich die Thatsache, daß der Harn der Säugethiere viel Harnstoff und wenig Harnsäure enthält. Im Harn der Pflanzenfresser kann die Harnsäure, obwohl sie in den Geweben auftritt, ganz und gar fehlen, sie ist also zu Harnstoff und Kohlensäure verbrannt worden, bevor sie die Nierenkanälchen erreichte. Bei Vögeln und Schlangen geschieht dies freilich nicht, sondern die Harnsäure gelangt größtentheils, ja bei den pflanzenfressenden Vögeln ganz und gar als Harnsäure in die Kloake.

So ist es denn die natürlichste Folge der in den Geweben vor sich gehenden Rückbildung, daß auch der Harnstoff in denselben auftritt. Er wurde von Millon in der Glasflüssigkeit und in der wässerigen Flüssigkeit des Auges entdeckt. Millon's Angabe wurde dem abweichenden Befunde Lohmeyer's entgegen von Wöhler und Donders bestätigt. In Milz und Leber ist nach Voit stets eine erhebliche Menge Harnstoff zu finden. Die Muskeln und der ganze Leib der Rochen und Haifische ist nach Frerichs und Städeler mit einer Harnstofflösung so zu sagen getränkt. Bei Fröschen, denen die Leber aus-

geschnitten war — nicht bei unversehrten Fröschen, wie Grohé irrig angenommen, — habe ich kleesauren Harnstoff in den Muskeln aufgefunden. Und allem diesem haben Buhl und Voit in ihrer schönen Arbeit über die Cholera die Thatsache hinzugefügt, daß in dem Cholera-Typhoid nicht nur die Muskeln, sondern auch Herz und Hirn und Milz, neben mehren wässerigen Ergüssen des Körpers, Harnstoff führen. Von Bibra hat diese Angaben für die Muskeln bereits durch Wägungen bekräftigt. Grohé selbst hat in allen reichlichen Ausschwitzungen des Rippenfells und des Herzbeutels Harnstoff nachgewiesen. Was aber alle diese Mittheilungen an Wichtigkeit übertrifft, ist die Entdeckung von Harnstoff in den Muskeln eines Hingerichteten, der nicht von Krämpfen befallen war, eine Entdeckung, die wir den Nachforschungen von Buhl und Voit verdanken.

Demnach sind die stickstoffhaltigen Zersetzungsprodukte, die mit dem Harn aus dem Körper entfernt werden, bereits in den Geweben enthalten. Der Fleischstoff und die Fleischbasis, der Harnstoff und die Harnsäure wurden in den Geweben des Thierkörpers nachgewiesen.

Wenige Jahre sind es, daß diese Bahn, welche zur Entdeckung der Rückbildungsstufen der wichtigsten Gewebebildner führte, betreten wird, und schon reihen

sich zahlreiche andere Beobachtungen hier an, welche unwiderleglich darthun, daß im lebenden Körper die eiweißartigen Stoffe ebenso gut verbrennen, wie Fett und Zucker. Aber es ist eine langsame Verbrennung, um die es sich hier handelt, und darum sind es anfangs kohlenreiche Stoffe, die aus ihr hervorgehen. Das Käseweiß*), das man seit längerer Zeit durch die Einwirkung von Sauerstoff auf eiweißartige Körper und auf Leimbildner hervorbringen konnte, ist jetzt in der Milz, der Schilddrüse und dem Bröschen, in Speicheldrüsen und Speichel, in der Bauchspeicheldrüse und im Bauchspeichel, in Lungen und Lymphdrüsen bei gesundem Zustande gefunden worden; es ist in kranken Lebern und auch in krankem Hirn entdeckt (Frerichs und Städeler, Cloëtta, Scherer, von Gorup-Besanez). Die Bauchspeicheldrüse enthält nach von Gorup-Besanez einen dem Käseweiß gleichartigen Körper, der sich durch einen geringeren Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff, durch einen Mehrgehalt an Sauerstoff, und durch die größere Schwierigkeit, mit der er sich in Weingeist löst, von jenem unterscheidet. Hornglanz**), einen Körper, der gleichfalls reicher an Sauerstoff ist als das Käseweiß, haben Frerichs und Städeler in der Ochsenmilz

*) Leucin.

**) Tyrosin.

und in der Bauchspeicheldrüse nachgewiesen. Die Lungen enthalten den schwefelreichen Abkömmling*) der geschwefelten Gallensäure (Cloëtta), und das gleiche Erzeugniß der Zersetzung eiweißartiger Stoffe ist von Fremy und Valenciennes in dem Fleische der Schaalthiere entdeckt. Einmal fand Cloëtta diesen Körper in Ochsennieren, in denen er bei einer anderen Untersuchung den schwefelhaltigen, kohlenreicheren und sauerstoffärmeren Stoff der Blasensteine**) vorfand. Von diesen Stoffen sind Käseweiß und Hornglanz die gewöhnlichen Erzeugnisse der Verwesung der eiweißartigen Körper und des Horns. Käseweiß geht auch aus Leimbildnern hervor.

Aus den Leimbildnern entsteht außerdem ein süßlich schmeckender, stickstoffhaltiger Körper, der sogenannte Leimzucker***), der auch in der schwefelfreien Gallensäure†) als Paarling der kohlenstoffreichen Gallenspaltungssäure††) und in der Pferdeharnsäure †††) als Paarling der Benzoesäure vorkommt, sonst aber im Thierkörper bisher nicht aufgefunden ward.

---

*) Taurin.

**) Cystin.

***) Glycocoll, Glycin.

†) Cholsäure (Strecker), Glycocholsäure (Lehmann).

††) Cholsäure (Demarçay), Cholalsäure (Strecker).

†††) Hippursäure.

Aber alle diese Stoffe, Käseweiß, Leimzucker und wahrscheinlich auch der Hornglanz gehen im Körper in Harnstoff über. Wenn man Hunden Leimzucker unter das Futter mischt, findet man denselben als Harnstoff im Harne wieder. Gleiches wurde für das Käseweiß beobachtet. Hornglanz aber ging zum Theil unverändert mit dem Harn- und Darmkoth ab, zum Theil schien er ebenfalls weiter verbrannt in der Form des Harnstoffs in den Harn überzugehen (O. Schultzen und M. Nencki*). Wenn man aber bedenkt, daß beim gesunden Menschen im Harn und Koth kein Hornglanz auftritt, und daß der Hund, in dessen Harn und Darmkoth Schultzen und Nencki diesen Stoff auffanden, davon eine große Menge (20 Gramm) im Futter bekommen hatte, so dürfte wohl mit großer Wahrscheinlichkeit vermuthet werden, daß die kleine Menge Hornglanz, die sich unter gewöhnlichen Verhältnissen nach und nach im Körper bildet, ihren Stickstoff in der Form von Harnstoff an die Außenwelt abgiebt.

Also Fleischstoff und Fleischbasis, die sich so leicht in einander verwandeln können, Käseweiß und Leimzucker, alle diese Körper weisen auf Harnstoff hin, der in der Regel das stickstoffhaltige Endglied der Ver-

*) Zeitschrift für Biologie VIII. (1872) S. 135.

brennung stickstoffhaltiger Gewebetheile darstellt. Und dennoch treten nicht alle diese Körper als Harnstoff im Harne auf. Der Fleischstoff erscheint vielmehr als Fleischbasis im Harn, nachdem er sich durch Einwirkung einer Säure in diesen nah verwandten Körper verwandelt hatte (Voit).

Der Leimzucker dagegen darf mit der Harnsäure insofern verglichen werden, als nicht nur sein Stickstoff im Harne als Harnstoff wiederkehrt, sondern auch weil es gelingt, aus der Harnsäure die Gruppe des Leimzuckers herauszuschälen. Es gelang nämlich Strecker, die Harnsäure, indem er sie in einem geschlossenen Rohre mit Salzsäure bis auf 170° erhitzte, zur Wasseraufnahme zu zwingen und sie in Leimzucker, Kohlensäure und Ammoniak zu zerlegen.

Harnstoff nun zerfällt mit größter Leichtigkeit unter Wasseraufnahme in kohlensaures Ammoniak, besonders dann, wenn er sich in verdünnter wässriger Lösung befindet. In beschränktem Grade scheint diese letzte Zerlegung des stickstoffhaltigen Endglieds der Verbrennung im Organismus auch im Thierkörper erfolgen zu können. So sind Ammoniaksalze nach Frerichs und Städeler auch in dem ganz frischen Kalbsbröschen vorhanden. C. Schmidt fand eine zusammengesetzte Ammoniakart, in welcher die drei Mischungsgewichte Wasserstoff durch Methyl, eine Ver-

bindung von Kohlenstoff und Wasserstoff, vertreten sind*), in der Netzhaut des Auges.

Auf ähnlichen Wegen, wie sie in der Werkstatt des Scheidekünstlers und bei der Verwesung und Fäulniß zum Zerfallen führen, werden ähnliche Endstufen im lebenden Körper erreicht. Was aber auf diesen Endstufen geworden ist, das wird als Schlacke aus dem Körper ausgeworfen. Kein Wunder also wäre es, wenn es gelänge, eines der wichtigsten Erzeugnisse des Stoffwandels in unserem Körper, den Harnstoff, durch Verbrennung von Gewebebildnern künstlich zu bereiten. Erhält man doch durch Sauerstoffeinwirkung aus Eiweiß sowohl Käseweiß und Hornglanz, als Ammoniak nebst Kohlensäure und Wasser, Mittelglieder und Endglieder also des höchst zusammengesetzten stickstoffreichen Gewebebildners, zwischen welchen der Harnstoff in der Mitte liegt. Béchamp will durch Einwirkung von übermangansaurem Kali Eiweiß, Faserstoff und Leim in Harnstoff verwandelt haben. Das übermangansaure Kali zerfällt unter dem Einfluß sauerstoffraubender Körper in Kali, in Manganhyperoxyd und Sauerstoff, so zwar daß dieser letztere, frisch entwickelt, in alkalischer Flüssigkeit, das heißt unter den günstigsten Bedingungen, auf die organischen Stoffe einwirkt. Anderen ist es freilich bis-

*) Trimethylamin.

her nicht gelungen, auf diesem Wege Harnstoff zu erlangen.

Die Kohlensäure ist in ähnlicher Weise das Endglied der Verbrennung stickstofffreier Gewebebildner, wie der Harnstoff als das Endglied der Rückbildung stickstoffhaltiger Bestandtheile im Körper betrachtet werden muß.

Es war bezeichnend für einen früheren Zeitraum der Lehre des Lebens und der organischen Chemie, daß man die Kohlensäure der ausgeathmeten Luft verbranntem Kohlenstoff zuschrieb, ohne sich weiter darum zu bekümmern, in welcher Form dieser Kohlenstoff verbrannt wurde, ja man hat es nicht verschmäht, an eine Verbrennung freien Kohlenstoffs zu denken. Freier Kohlenstoff ist jedoch im Körper nicht vorhanden. Die stickstofffreien Bestandtheile der Gewebe sind Fette und Fettbildner, und diese werden durch allmälige Verbrennung den letzten Stufen ihrer Rückbildung entgegengeführt. Sie zerfallen in Kohlensäure und Wasser.

Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure, Bernsteinsäure, Ameisensäure, Kleesäure, das sind die Mittelstufen zwischen Zucker und Fetten auf der einen, Kohlensäure und Wasser auf der anderen Seite.

Von der Buttersäure an unterscheidet sich unter diesen Säuren jede folgende von der nächstvorhergehenden durch einen größeren Sauerstoffgehalt. Die Ameisensäure zerfällt durch weitere Aufnahme von Sauer-

stoff in Kleesäure und Wasser. Die Verbindung von Kleesäure mit Wasser verbrennt zu Kohlensäure, während sich das Wasser von ihr trennt.

Die Milchsäure ist als ein regelmäßiger Bestandtheil des Muskelfleisches nachgewiesen worden (Liebig); sie findet sich in dem Gewebe der glatten Muskeln ebensowohl wie in dem aus quer gestreiften Fasern bestehenden (Lehmann, Siegmund). Von Bibra hat sie im Gehirn beobachtet. Sie findet sich in der Leber und der Bauchspeicheldrüse, in der Milz, der Schilddrüse und dem Bröschen, (Von Bibra, von Gorup-Besanez). Bernsteinsäure fand Heintz in einer kranken Leber, und von Gorup-Besanez hat sie seitdem in dem Bröschen, der Milz und der Schilddrüse entdeckt. Buttersäure, Essigsäure, Ameisensäure sind wie Milchsäure im Fleisch vorhanden (Scherer). Die Milz enthält essigsaures Eisenoxyd (Scherer). Kleesäure endlich ist von C. Schmidt im Schleim, von mir in den Muskeln entleberter Frösche aufgefunden worden. Die vollendete Verbrennung, wie sie im Thierkörper durch das Athmen bewirkt wird, verwandelt alle jene Säuren in Kohlensäure und Wasser.

Alle die aufgezählten Säuren gehen aber auch aus eiweißartigen Körpern hervor, unter deren Oxydationsprodukten auch kohlenstoffreichere Säuren als

die Buttersäure, zum Beispiel Käsesäure*) und Benzoesäure auftreten. Es wiederholt sich hier der Fall, der in der Entwicklung von Mischung und Form so hohe Berücksichtigung verdient, daß dieselbe Bildungsstufe auf verschiedenen Wegen erklommen werden kann. Die Buttersäure, die durch Vermittlung der Milchsäure aus Zucker hervorgeht, kann auch aus Eiweiß entstehen, und es liegt auch hierin ein Fingerzeig, daß sowohl die eiweißartigen Stoffe, wie die Zuckerarten, zur Fettbildung beitragen können.

Kohlensäure, kohlensaure Salze und Wasser sind in allen Geweben enthalten. Und die Verbrennung, in deren Folge Kohlensäure und Wasser in den Geweben auftreten, geht auch ohne den Einfluß des Blutkreislaufs vor sich. Wenn man vom Körper getrennte Muskeln in gewöhnlicher Luft oder in Sauerstoff hält, dann athmen sie ganz so wie im Körper. Während sonst der Blutstrom den eingeathmeten Sauerstoff in die Gewebe leitet, sind hier die letzteren unmittelbar von Sauerstoff umgeben. Gegen den Sauerstoff tauschen sie Kohlensäure aus (Georg Liebig). Das Blut, welches einen Muskel durchströmt, verliert viel mehr Sauerstoff, wenn sich der Muskel zusammenzieht, als wenn er ruht (Bernard). Diese langsame Verbrennung der Gewebe ist das eigentliche

*) Capronsäure.

Wesen des Athmungsvorgangs, zu dem das Einströmen von Sauerstoff in die Lungen nur die nothwendige Vermittlungsursache darstellt.

In eben dem Grade, in welchem sich die Erzeugnisse der Rückbildung in den Geweben ansammeln, bringen sie in das Blut. Und daher ist auch das Blut mit Fleischstoff und Fleischbasis, mit Harnstoff und Harnsäure, mit Ameisensäure und Kohlensäure geschwängert. Es hat lange gewährt, bevor man alle diese Stoffe im Blut aufzufinden vermochte. Nach der Kohlensäure eröffnete der Harnstoff den Reigen. Und als seine Auffindung im Blut den Gedanken, daß die Blutwege Bahnen sind, welche die Ausscheidungsstoffe von den Geweben zu den Lungen und Nieren durchlaufen, gehörig erstarkt hatte, da gelang es der verschärften Aufmerksamkeit und vervollkommneten Forschungsweise, sie alle im Blute nachzuweisen.

Schwierig war es, sich von der Anwesenheit jener Auswurfsstoffe im Blut zu überzeugen, eben weil sie nur durch das Blut hindurcheilen.

Die Kohlensäure, welche mit dem Blut der rechten Herzkammer den Lungen zuströmt, dringt durch die Doppelwände der Haargefäße und Bläschen der Lungen in den Hohlraum dieser Bläschen hinüber, gerade so wie der Sauerstoff aus den Lungenbläschen in die Haargefäße übergeht. In den Hohlräumen

der Lungen, der Luftröhrenäste und des Luftröhrenstamms tauschen sich die vom Blut herstammende Kohlensäure und die eingeathmete Luft des Dampfkreises nach den allgemeinen Gesetzen des Gaswechsels aus. Dazu kommt die Verengerung des Brustkastens durch die Athembewegungen. Eine mit Kohlensäure geschwängerte Luftsäule wird ausgestoßen. Und auf das Ausathmen folgt nach einer kleinen Pause eine Einathmung; der Brustkasten erweitert sich, sauerstoffreiche Luft ersetzt die eben entschwundene, welche an Sauerstoff verarmt war, um den ganzen Vorgang neu einzuleiten. Die Lungen sind nur die Wechselbank. Kohlensäure wird an die Außenwelt abgegeben, um sie als Pflanzennahrung mit grünen Halden und Thälern zu schmücken. Sauerstoff wird gegen die Kohlensäure eingetauscht. Das mit Sauerstoff versorgte Blut strömt aus den Lungen nach dem linken Vorhof des Herzens, von hier in alle Gegenden des Körpers, und es beginnt wieder die allseitige Verbrennung, die als Ernährung und Rückbildung die Hauptthätigkeiten des Thierleibes entzündet.

So wie das Athmen das Blut von einem großen Theil seiner Kohlensäure befreit, so die Absonderung in den Nieren von den Harnbestandtheilen. Die Nieren ziehen den Harnstoff, die Harnsäure und die Fleischbasis an. Sie entfernen dieselben aus dem Blut mit

solcher Schnelligkeit, daß die genaueste Prüfung dazu gehörte, sie auf dem Weg durch die Blutbahn zu ereilen.

Die Thätigkeit des Körpers läßt sich messen durch die Menge der Auswurfsstoffe, die er entleert. Je größer die Anstrengung, der die einzelnen Gewebe unterworfen werden, desto rascher zerfallen ihre Bestandtheile in die Stoffe, welche durch das Blut in die Lungen und Nieren gelangen, um als ausgeathmete Luft und Harn der Außenwelt überwiesen zu werden.

Bei kräftig angespannter Thätigkeit sammeln sich schon in den Geweben die Umwandlungsstoffe der organischen Gewebebildner in großer Menge an. Die Thätigkeit der Muskeln besteht in der Verkürzung ihrer Fasern, in deren Folge die Knochen wie Hebel bewegt oder die Gestalt mancher Behälter im Körper verändert werden. Je mehr nun der Muskel angestrengt wird, desto reicher ist er nach Berzelius und Du Bois-Reymond an Milchsäure. Ruhende Muskeln enthalten keinen sauren Saft (Georg Liebig, Du Bois-Reymond). Und umgekehrt werden die Muskeln durch Anhäufung der Säure ermüdet, sowohl wenn die Milchsäure ihnen künstlich zugeführt wird, als wenn sie sich natürlich bei der Arbeit darin entwickelt. Zur Milchsäure gesellen sich Kohlensäure

und saures phosphorsaures Kali, welche gleichfalls die Leistungsfähigkeit des Muskels herabsetzen, während eine solche ermüdende Wirkung dem Fleischstoff und der Fleischbasis nicht zukommt. (J. Ranke). Die Vögel, die, wenn man die Zahlen von Scharling und Bousſingault mit einander vergleicht, für ein gleiches Körpergewicht in derselben Zeit etwa neunmal soviel Kohlensäure aushauchen als der Mensch, sind unter allen Thieren ausgezeichnet durch den Gehalt an Fleischstoff, den sie in ihren Muskeln führen. Ja, die Fleischsäure hat Liebig namentlich in der Fleischflüssigkeit des Huhns gefunden, obwohl sie nach Seekamp auch im Ochsenfleisch nicht fehlt. Der kräftigen Athmung entspricht ein beschleunigter Umsatz von Eiweiß und Fett. Durch die Menge von Kohlensäure und Wasser, die der Mensch in einer gegebenen Zeit ausscheidet, wird die Kraft seines Stoffwechsels gemessen. Die Schnelligkeit des Stoffwechsels ist das Maaß des Lebens.

In früherer Zeit ist dieser Ausspruch unbedenklich auch auf den Harnstoff angewandt worden, und einzelne Untersuchungen schienen Belege dafür zu bieten. Nun hat aber zunächst Voit beobachtet, daß bei Hunden durch die Arbeit keine oder keine erhebliche Zunahme der Stickstoffausscheidung stattfindet. Dazu kommt, daß Fick und Wislicenus, als sie das

Faulhorn bestiegen, in dem eigenen Harn durchaus keine vermehrte Harnstoffausscheidung beobachteten. Und wenn auch Johannes Ranke eine kleine Zunahme in Folge von Arbeitsleistung ermittelte, als er den Harn von Stunde zu Stunde, also in kleinen Zeiträumen untersuchte, so viel geht doch aus allen diesen Untersuchungen hervor, daß zwischen der Arbeitsleistung und der Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs kein gerades Verhältniß obwaltet.

Und dennoch steht es fest, daß jede erhöhte Arbeitsleistung eine vermehrte Zufuhr von Stickstoff in der Form von Eiweiß erfordert. Wir verdanken darüber namentlich Playfair die wichtigsten Aufschlüsse. Nach seinen Berechnungen, die sich auf ganze Menschenklassen, Genesende, Gefangene, Soldaten im Frieden und im Kriege, endlich auf angestrengte Arbeiter, wie Schmiede, Eisenbahnarbeiter, Matrosen beziehen, ergäbe sich der tägliche Bedarf an eiweißartigen Körpern:

Bei vollkommener Ruhe . .	=	57 Gramm
in gezwungener Ruhe . . .	=	71 „
bei mässiger Beschäftigung .	=	119 „
bei thätiger Lebensweise . .	=	156 „
bei harter Arbeit	=	184 „

Als tägliches Kostmaaß arbeitender Männer, die den verschiedensten Berufsarbeiten unter den mannigfaltigsten Umständen obliegen, habe ich für eiweiß-

artige Stoffe die Zahl 130 Gramm berechnet. Voit verlangt 137 Gramm täglich für einen arbeitenden Mann, ohne diese Zahl als maaßgebenden Mittelwerth zu betonen, Liebig für Münchener Brauknechte, die schwere Arbeit verrichten, nicht weniger als 165 Gramm. Einen verhältnißmäßig kleinen Werth setzt J. Ranke an, indem er sich mit 100 Gramm begnügt, was meinem Mittelwerthe näher steht als die äußersten Werthe von Playfair und Liebig, die nur für angestrengte oder harte Arbeit gelten. Sämmtliche Zahlen lehren aber, daß bei der Arbeit durchschnittlich beinahe zweimal so viel, und wenn sie in hohem Grade als schwere Arbeit gelten kann, mehr als zwei und ein halb mal so viel Eiweiß verzehrt wird, als bei gezwungener Ruhe, wie sie im Leben von Gefangenen vorkommt.

Die Frage nach dem Verhältnisse des Eiweißbedarfs zur Arbeitsleistung ist gerade durch die neuesten Untersuchungen über das Maaß der Harnstoffausscheidung so wichtig geworden, daß es alle Beachtung verdient, wenn wir die Erfahrungen an arbeitenden Hausthieren mit denen am Menschen im vollem Einklang finden. Nach Playfair bedarf ein arbeitendes Pferd nahezu doppelt so viel Eiweiß in seinem Kostmaaß wie ein Pferd in der Ruhe. Was aber noch lehrreicher ist, wenn man die Arbeitsleistung

eines Pferdes mit der eines Ochsen, und ebenso die von beiden Thieren täglich erforderten Eiweißmengen mit einander vergleicht, dann findet man, daß sich die Eiweißwerthe so nahe wie es in solchen Bestimmungen möglich ist, genau so verhalten, wie die Arbeitsleistungen. Diese verhalten sich

für Ochs und Pferd . . = 100 : 143,

jene „ „ „ „ . . = 100 : 145.

(Playfair, Morin, Muschek*).

Wenn nun aber mit steigender Leistung mehr Eiweiß verzehrt wird, ohne daß in Harn und Darmkoth eine größere Menge Stickstoff verausgabt wird, während nach Voit aller Stickstoff der Ausscheidungen in Harn und Koth zum Vorschein kommt, dann haben wir es hier mit der Lösung eines Räthsels zu thun, das wie jedes gute Räthsel, einer Lösung fähig sein muß. Es sei daher noch ausdrücklich hervorgehoben, daß auch Voit, obwohl er den Harnstoff als Maaß geleisteter Arbeit umstößt, dennoch behufs der Arbeitsleistung eine größere Zufuhr an Eiweiß verlangt. Die Zersetzung des Eiweißes hat dabei für ihn eine doppelte Bedeutung, indem das Eiweiß die Sauerstoffzufuhr beherrscht, ohne welche der Muskel nicht thätig sein kann, und außerdem bei seinem Zerfallen unmit-

*) Vgl. von Gorup-Besanez, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 2. Auflage. Braunschweig 1867, S. 748, 749.

telbar lebendige Kraft erzeugt.*) Also immer wieder mehr Arbeit, mehr Eiweiß, und dennoch keine irgendwie entsprechende größere Ausscheidung von Harnstoff und anderen Stoffen, in denen der Stickstoff des Eiweißes wieder erscheint! Was ist aus dem Ueberschusse geworden?

Nach den Untersuchungen von Parkes fühlt man sich am meisten zur Vermuthung hingedrängt, daß die Folgen der Muskelanstrengung, soweit sie einen vermehrten Umsatz von Eiweiß im Körper bedingen, erst in einer späteren Zeit als Auswurf zum Vorschein kommen. Zwei Soldaten erhielten in ihrer Nahrung Fleisch, Brod, Gemüse in solchem Verhältniß, daß sie in 16 Tagen die gleiche Eiweißmenge zu sich nahmen. Von diesem Zeitraume brachten sie abwechselnd eine Reihe von Tagen beschäftigt und ruhend zu. Im ersten Zeitraum, der vier Tage währte und mit gewöhnlicher Beschäftigung verlief, wurde im Mittel von beiden Soldaten für den Tag 36,7 Gramm Harnstoff ausgeschieden. In dem darauf folgenden Abschnitt von zwei Ruhetagen immer durchschnittlich für Tag und Kopf 38,7; sodann kamen vier gewöhnliche Arbeitstage mit einem Mittel von 36,8; nun aber zwei angestrengte Tage, der erste durch einen Marsch

*) Vgl. Voit, Ueber die Entwicklung der Lehre von der Quelle der Muskelkraft, 1870, S. 45.

von 24, der zweite von 35 englischen Meilen in der Ebene bezeichnet, mit einem Mittel von 39,5, welches in den zuletzt beobachteten vier gewöhnlichen Arbeitstagen noch zu 39,9 anstieg. In diesen mit Recht von Liebig sehr in den Vordergrund gestellten Beobachtungen hinkt in der That die größere Harnstoffausscheidung der vermehrten Arbeitsleistung Tage lang nach, und man kann sich der Frage nicht erwehren, ob nicht Fick und Wislicenus Aehnliches wie Parkes beobachtet haben könnten, wenn sie ihre Harnstoffbestimmungen länger als auf die ihrer Bergbesteigung nächstfolgende Nacht ausgedehnt hätten, und ob die Zunahme von Harnstoff in Parkes' Versuchen nicht viel bedeutender ausgefallen wäre, wenn die Soldaten an den Marschtagen über ein größeres Kostmaaß hätten verfügen können. Denn es ist nicht zu vergessen, daß eine reichlichere Fleischnahrung in der Ruhe den ausgeschiedenen Harnstoff vermehrt, ja bei ruhenden Hunden nach Voit sogar um das Fünfzehnfache vermehren kann*). Und wenn das Mehr an Eiweiß erfordert wird, um die Arbeitsleistung zu ermöglichen, sollte es unverändert im Körper ruhen?

Irre ich nicht, dann sind wir alle bei der Betrachtung des Stoffwechsels befangen gewesen in der

*) Voit, Ueber die Theorien der Ernährung der thierischen Organismen. München 1868, S. 26.

Vorstellung, als ob jeder stoffliche Anstoß eine Wellenbewegung erzeugte, die sich mit einer dem Schall vergleichbaren Geschwindigkeit fortpflanzte und daher in kürzester Frist ihr Ende erreichte. Und deshalb wundert man sich, wenn die vermehrte Ausscheidung nicht in allen Fällen dem vermehrten Umsatz auf dem Fuße folgt.

Männer scheiden in derselben Zeit mehr Kohlensäure und mehr Harnstoff aus als Frauen; das ist der strengste Ausdruck ihrer gegenseitigen Leistungsfähigkeit. Kinder entleeren absolut — nicht etwa im Verhältniß zum Körpergewicht — weniger Harnstoff und Kohlensäure als Frauen, und auch im Greisenalter erleidet die Ausscheidung eine bedeutende Abnahme. Die höchste Kraft des Stoffwechsels fällt in die Zeit zwischen dem dreißigsten und vierzigsten Lebensjahr, welche durchschnittlich das Lebensalter darstellt, in welchem die schaffende Thätigkeit des Menschen ihre höchste Blüthe erreicht.

Nicht bloß Lungen und Nieren, auch Haut und Mastdarm entfernen die Erzeugnisse der Rückbildung.

Mit dem Blut gelangt der eingeathmete Sauerstoff in die Haut. Auch in der Haut wird Kohlensäure gebildet, welche durch die Oberhaut hindurch ebensowohl gegen Sauerstoff der Luft vertauscht wird, wie in den Lungen durch die Wand der Lungenbläschen und Haargefäße. Darum spricht man mit vollem Recht

von einer Hautathmung. Während aber beim Lungenathmen dem Raume nach mehr Sauerstoff aufgenommen, als Kohlensäure ausgehaucht wird, so daß der Raum, den die ausgeathmete Luft im trockenen Zustande bei gleicher Wärme einnimmt, hinter dem der eingeathmeten an Umfang zurücksteht, scheidet die Haut viel mehr Kohlensäure aus, als sie Sauerstoff durchläßt (Gerlach in Berlin).

In dem Auswurf des Darms finden wir mit den unlöslichen Ueberbleibseln der Speisen, die wir nur als zufällige Bestandtheile des Koths betrachten dürfen, Galle, Darmsaft und Schleim, als Gemenge von Stoffen, die von den Blutbestandtheilen hergeleitet werden müssen. Und da die Galle, der Darmsaft und der Schleim stickstoffhaltige Körper führen, so wird auch auf diesem Wege ein Theil der Rückbildungsstoffe der eiweißartigen Blutbestandtheile entleert, die wir sonst, nachdem sie zerfallen sind, vorzugsweise im Harn antreffen. Die ausfallenden Haare, die Oberhaut, die sich abschuppt, in den inneren Höhlen des Körpers so gut wie an der äußeren Oberfläche, die Nägel, die wir abschneiden, vermehren die Ausscheidung in derselben Richtung wie der Harn, wenn gleich in einem sehr viel geringeren Maaße als man bei oberflächlicher Betrachtung, ohne zur Wage zu schreiten, wähnen könnte.

Aber auch Haut und Darm sind in der Entfernung von Auswurfsstoffen bei weitem nicht so thätig wie Lungen und Nieren. In dem ganzen Gewicht der Ausscheidungen beträgt das des Koths nur etwa ein Vierzehntel oder ein Achtzehntel. Und die Kohlensäure, welche durch die Lungen entweicht, übertrifft die von der Haut ausgeschiedene nach Scharling beinahe um das Dreißigfache, nach Gerlach sogar mehr als neunzigmal.

Der Schwefel der eiweißartigen Gewebebildner wird zu Schwefelsäure verbrannt, der Phosphor des Dotterfetts*) als Phosphorsäure abgetrennt. Diese zersetzen das kohlensaure Natron des Bluts. Wir finden sie im Harn als schwefelsaure und phosphorsaure Salze wieder. Daher kommt es, daß bei eiweißreicher thierischer Nahrung, die immer auch Dotterfett enthält, nicht nur die Menge des Harnstoffs, sondern auch die der schwefelsauren und phosphorsauren Salze im Harn sich vermehrt (Lehmann).

Es ist überhaupt bezeichnend, daß die anorganischen Bestandtheile nicht nur den Gewebebildnern bei der Entwicklung, sondern auch den Auswurfsstoffen bei der Rückbildung folgen. Die Harnsäure wird mit dem Harn nicht etwa als freie Säure, sondern als

*) Lecithin.

saures Natronsalz entleert. Ueberhaupt ist der Harn diejenige Flüssigkeit, mit welcher vorzugsweise die Salze aus dem Körper entfernt werden. Aber auch der Koth, der Schleim und die Horngebilde, Haare, Nägel und Oberhaut scheiden verbrauchte anorganische Stoffe aus, und zwar vorzugsweise die Erdsalze und das Eisen.

Weil nun der Stoffwechsel ein Maaß des Lebens ist, so versteht es sich ganz von selbst, daß nicht nur das kräftigste Einzelwesen den schleunigsten Stoffumsatz zeigen wird, sondern es muß ebenso einer erhöhten Thätigkeit eine schnellere Rückbildung entsprechen. Und so geschieht es. Körperliche Anstrengung vermehrt nicht bloß Schweiß und Harn, sie vermehrt namentlich auch die Kohlensäure, die wir ausathmen. Nach Gerlach's Versuchen wird von Menschen, die in körperlicher Bewegung begriffen sind, in neun Stunden durch die Haut so viel Kohlensäure ausgeschieden, wie sonst in vierundzwanzig. Smith's Erfahrungen stimmen hiermit aufs Beste überein. Er sah die Kohlensäureausscheidung beim Menschen in Folge eines Marsches 1,8 bis 2,6 mal zunehmen, als er die von einem Wachenden in ruhiger Lage gelieferte zum Ausgangspunkt des Vergleiches wählte. Bei einem Pferde im Trab ist die Ausscheidung im Vergleich zur Ruhe hundertundsiebzehnfach gesteigert. Ein englischer Schnell-

läufer, der in Zeit von einhundert Stunden einen Weg von fünfhundert Stunden zurücklegte, hatte nach dieser Anstrengung nicht weniger als vierzehn Kilogramm seines Körpergewichtes eingebüßt.

Man hat allen Grund, es wörtlich zu nehmen, wenn es von eifrig denkenden Menschen heißt: die Köpfe rauchen. Vermehrte geistige Arbeit bewirkt so gut eine Steigerung der Eßlust, wie kräftige Bewegung der Muskeln. Eßlust ist nichts weiter als ein durch Empfindung gemessenes Anzeichen von Verarmung des Bluts und der Gewebe. Die Ausscheidung durch Haut, Lungen und Nieren wird durch die Hirnthätigkeit vermehrt, wie durch die Arbeit der Glieder. Für die Phosphorsäure im Harn ist die durch geistige Arbeit bedingte Vermehrung von Byasson durch Zahlen bekräftigt. Derselbe Forscher fand in Folge geistiger Thätigkeit auch die Ausscheidung von Schwefelsäure und Harnstoff gesteigert.*)

Die Bildungsstätte der Auswurfsstoffe ist nach dem Obigen vor allen Dingen in den Geweben zu suchen, deren Thätigkeit durch ihre langsame Verbrennung, die Gewebeathmung bedingt ist. Allein die Rückbildung beginnt schon im Blut. Denn überall, wo im Körper Sauerstoff ist, da ist auch Verbrennung.

*) Revue des Cours Scientifiques, cinquième année (1867—1868), p. 609.

Freilich können die Hauptstoffe des Bluts während der verhältnißmäßig kurzen Zeit, welche sie innerhalb der Gefäße verweilen, nicht zu Ausscheidungsstoffen verbrennen. Sie erreichen kaum die Stufe der Gewebebildner; ihre Umwandlung ist für unseren Standpunkt eine fortschreitende Entwicklung.

Aber das Fett erleidet bereits im Blut eine theilweise Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser, zu den Endstufen des Verfalls. Obgleich im Ganzen weniger Fett als Eiweiß durch die Gefäßwand hindurch in die Gewebe hinüberschwitzt, nimmt doch nach dem Genuß von Eiweiß und Fett die Menge des dem Blut zugeführten Fetts rascher ab als die des Eiweißes (Thomson). Da nun das Fett im Vergleich zum Eiweiß die Gefäße langsam verläßt, so ist die raschere Abnahme von einer Verbrennung im Blute herzuleiten. Während der Verdauung ist die Ausathmung der Kohlensäure vermehrt (Vierordt).

Der Branntwein, der Wein, das Bier erleiden im Blut eine Verbrennung. Ein Theil des Weingeistes, den alle jene Getränke enthalten, wird im Blut, wie an der Luft bei einer Wärme von dreißig bis vierzig Grad, zu Essigsäure verbrannt, vielleicht und wahrscheinlich sogar nach vorheriger Bildung von Aldehyd, einem Stoff, welcher durch einen geringeren Gehalt an Sauerstoff von der Essigsäure verschieden ist

(Bouchardat und Sandras, Duchet). Essigbildung beruht auf einer unvollständigen Verbrennung des Weingeistes. Und diese Verbrennung erfolgt im Blut gerade so wie die Verbrennung des Ammoniaks zu Salpetersäure. Durch weitere Verbrennung verwandelt sich die Essigsäure in Kleesäure und Wasser, und die Kleesäure wird vollends zu Kohlensäure verbrannt. Ein Theil des Weingeistes wird freilich unverändert mit der ausgeathmeten Luft, dem Harn und durch die Haut aus dem Körper entfernt (Masing, Lieben, Subotin).

Alle Veränderungen, welche das Blut durch das Athmen erleidet, erklären sich durch Verbrennung und durch Abgabe von Wasser. In Folge der Verbrennung ist in dem Blut der Schlagadern ein sauerstoffreicheres Blutroth*) vorhanden und weniger Fett als in dem Blut der Adern, welches noch nicht geathmet hat. Das Fett ist theilweise zu Kohlensäure und Wasser verbrannt.

In der ausgeathmeten Luft ist im Vergleich zur eingeathmeten nicht nur die Menge der Kohlensäure, sondern auch die des Wassers vermehrt. Das Blut der Adern tritt beim Durchgang durch die Haargefäße der Lunge Wasser an die Luft der Lungenbläschen ab.

---

*) Hämoglobin.

Deshalb muß das Blut der Lungenschlagader, die das aderliche Blut der Lunge zuführt, reicher an Wasser sein als das der Lungenadern, die das Blut aus den Lungen in das Herz zurückleiten. Dagegen bereichert sich das Blut beim Durchgang durch die Gewebe an Wasser. Dies gilt besonders für den thätigen Muskel, in welchem eine Zunahme des Wassergehalts stattfindet, der durch die Adern aus dem Muskel wieder abgeführt wird (J. Ranke). Deshalb enthält das Blut kleiner Adern immer mehr Wasser als das der Schlagadern, womit es gar nicht im Widerspruch steht, daß das Blut der unteren Hohlader, welches an Harn und Galle viel Wasser verloren hat, dem schlagaderlichen Blut im Wassergehalt nachsteht (Lehmann).

Einer veränderten Mischung entspricht Veränderung der Eigenschaften. Das dunkelblaurothe Blut der Adern, welches verhältnißmäßig arm an Sauerstoff und reich an Kohlensäure ist, wird hellroth durch das Athmen. Das Blut der Weinbergschnecke dagegen wird durch die Aufnahme von Sauerstoff blau, durch Kohlensäure farblos.

Wenn das Blut beständig seine Bestandtheile als Gewebebildner an die Werkzeuge des Körpers abtritt, wenn diese durch die Thätigkeit der Gewebe in Harnstoff, Kohlensäure und Wasser zerfallen, wenn endlich die Auswurfsstoffe durch die Blutbahn hindurch fort-

während den Lungen und Nieren, der Haut und dem Mastdarm zueilen, um von hier aus dem Körper ausgestoßen zu werden, dann ist es nothwendig, daß Blut und Gewebe durch den regelrechten Vorgang des Lebens eine Verarmung erleiden, welche nur durch den Ersatz der Nahrung ausgeglichen wird.

Mit einer merkwürdigen Schnelligkeit geht dieser Stoffwechsel vor sich. Die mittlere Lebensdauer hungernder Menschen beträgt vierzehn Tage. Aber in dem Augenblick des Hungertodes hat der Körper der verschiedensten Wirbelthiere vier Zehntel seines ursprünglichen Gewichts verloren. Denkt man sich also, dieser Gewichtsverlust könnte fortdauern, ohne daß der Hungertod einträte, dann würde der Mensch in fünfunddreißig Tagen seinen ganzen Körper verausgabt haben. Denn wenn man jene vier Zehntel, die im Augenblick des Hungertodes ausgegeben sind, zweiundeinhalbmal nimmt, dann erhält man die Einheit, das heißt, das ganze Körpergewicht. Der Hungertod tritt ein nach vierzehn Tagen, und zweiundeinhalbmal vierzehn giebt fünfunddreißig Tage. Ersetzen wir das Verlorene durch Nahrungsmittel, dann erhält sich der erwachsene Körper beim ursprünglichen Gewicht. Und da bei dem gehörigen Genuß von Speise und Trank der Stoffwechsel viel schneller vor sich geht als bei fastenden Geschöpfen, so ist die Annahme durch-

aus gerechtfertigt, daß der Körper in zwanzig bis dreißig Tagen den größten Theil seines Stoffes verändert.

Im Sommer verlor Barral in vierundzwanzig Stunden etwa ein Vierzehntel, im Winter sogar ein Zwölftel des Körpergewichts. Bei verschiedenen Einzelwesen kann die Größe des täglichen Verlustes indeß große Schwankungen erleiden. Der Oberst Laun in Saarlouis fand als Mittel mehrer Wägungen, die er bei regelmäßiger Lebensweise an sich selber vornahm, einen durchschnittlichen Verlust von einem Zweiundzwanzigstel seines Körpergewichts in vierundzwanzig Stunden.

Dieser Verlust wird durch die aufgenommene Nahrung und den eingeathmeten Sauerstoff gedeckt. Denn das Blut geht nicht bloß aus den Nahrungsstoffen, sondern aus Nahrung und Sauerstoff hervor, und dies gilt in noch höherem Grade von den Geweben; die Gewebebildung ist durch die Athmung bedingt.

Gesetzt also, es ginge täglich dem Körper im Winter ein anderes Zwölftel, im Sommer ein anderes Vierzehntel verloren, dann würde der ganze Leib in zwölf bis vierzehn Tagen umgesetzt. Auf Laun's Zahlen gestützt, hätte man zweiundzwanzig Tage anzunehmen.

Aus einer anderen Betrachtung läßt sich in ähnlicher Weise die Lebendigkeit des Stoffwechsels ableiten.

Man nimmt nach Welcker und Bischoff an, daß im Körper des erwachsenen Menschen etwa 5 Kilo Blut enthalten sind. In dieser Blutmenge berechne ich die Menge des Kohlenstoffs zu 555 Gramm, die des in den organischen Verbindungen enthaltenen Wasserstoffs zu 73 und die des darin vorkommenden Sauerstoffs zu 208. Um aber 555 Gramm Kohlenstoff zu Kohlensäure zu verbrennen, sind 1480 Sauerstoff erforderlich, und dazu noch 584 Sauerstoff, um die 73 Gramm Wasserstoff in Wasser zu verwandeln, oder zusammen 2064 Gramm Sauerstoff, um allen Kohlenstoff der organischen Verbindungen im Blut in Kohlensäure, allen ihren Wasserstoff in Wasser überzuführen. Von diesen 2064 sind aber schon 208 Gramm Sauerstoff in den organischen Verbindungen selbst gegeben, so daß nur noch 1856 Gramm Sauerstoff von außen erfordert werden, um jene Bildung von Kohlensäure und Wasser zu bewirken. Da nun ein erwachsener Mann von 63,65 Kilo in 24 Stunden 820 Gramm Sauerstoff verzehrt, so folgt, daß in etwa 2¼ Tag Sauerstoff genug eingeathmet wird, um allen Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Verbindungen im Blute zu verbrennen. Das Blutgewicht ist nach Bischoff's Bestimmung beim Menschen $^1/_{13}$ des Körpergewichts. Nehmen wir also an, daß der Umsatz der Gewebe

mit dem des Bluts verglichen werden darf, so würden $13 \times 2^1/_4 = 29{,}25$ Tage ausreichen, um den ganzen Körper zu verausgaben.

Ich selbst habe mit Marfels gefunden, daß farbige Blutkörperchen des Hammels, die in großer Anzahl in die Bahn des Froschbluts eingedrungen sind, in etwa siebzehn Tagen vollständig aus demselben verschwinden. Weil nun der Stoffwechsel bei Fröschen langsamer vor sich geht, als bei warmblütigen Thieren, so darf man wohl annehmen, daß die farbigen Blutkörperchen des Menschen in weniger als siebzehn Tagen sämmtlich erneuert werden.

Die Uebereinstimmung in dem Ergebniß, während man von ganz verschiedenen Gesichtspunkten ausgeht, ist eine Bürgschaft für die Richtigkeit der Annahme, daß man den Zeitraum, welcher erforderlich ist, um dem ganzen Körper eine andere Mischung zu ertheilen, nach Wochen, höchstens nach Monaten, bemessen darf. Die sieben Jahre, welche der Volksglaube für jenen Zeitraum ansetzte, sind demnach eine ungeheure Uebertreibung, und Jean Paul dürfte die Zeit, nach welcher Mann und Frau im Ehebruch mit einander leben sollen, weil sie dem Stoff nach nicht mehr dieselben sind, wenn er seinen Scherz der heutigen wissenschaftlichen Erkenntniß anbequemen wollte, getrost auf ein Paar Monate herabsetzen.

So überraschend diese Schnelligkeit auf den ersten Blick auch scheinen möge, so finden sich doch von allen Seiten die Beobachtungen im Einklang. Nach Stahl verlieren Lerchen in einem Tage das Fett, das sich in der Nacht in ihrem Körper entwickelte. Und wer wüßte nicht, wie wenig Tage oft dazu gehören, einen Menschen durch Abmagerung beinahe unkenntlich zu machen, wie wenige Minuten erforderlich sind, damit der Genuß von Spargeln sich durch den eigenthümlichen Geruch des Harns verrathe? Die Pferdeharnsäure, die aus Leimzucker und Benzoësäure gepaart ist, wird schon eine halbe Stunde nach dem Genuß von Benzoësäure im Harn des Menschen beobachtet, und nach zwölf Stunden ist sie bereits wieder daraus verschwunden (Meissner und Shepard). Nach 24 Stunden fanden Schultzen und Nencki Leimzucker oder Käseweiß in der Form von Harnstoff mit ihrem ganzen Stickstoffgehalte ausgeschieden.

Die Schnelligkeit des Stoffwechsels, die sich aus allen jenen Beobachtungen ergiebt, ist am besten geeignet, unsere Verwunderung zu mäßigen, wenn wir aus den berühmten Untersuchungen von Bidder und Schmidt erfahren, daß ein Erwachsener von 128 Pfund Körpergewicht in 24 Stunden beinahe drei Pfund Speichel, reichlich zwei und ein halb Pfund Galle und mehr als achtundzwanzig Pfund Magen-

saft absondert. Ein Rauchender könnte also, wenn er die üble Gewohnheit des Ausspuckens hat, in einem halben Tag den dreiundvierzigsten Theil seines Körpergewichts ausspeien, und in vierundzwanzig Stunden strömt etwa der vierte Theil unseres Gewichts als Magensaft durch den Körper, kreisend vom Blut zum Magen und vom Magen zum Blut.

Während die ungeheure Menge für den Magensaft von Grünewald an einer Frau ermittelt wurde, ist die Zahl für den Speichel, nach dem Verhältniß des Körpergewichts, von Hunden auf den Menschen übertragen. Aus den von Oehl am Menschen selber angestellten Beobachtungen berechnet sich indeß nur etwa ein Pfund Speichel auf den Tag.

Verschiedene Einzelwesen wechseln den Stoff mit verschiedener Schnelligkeit. Ich habe oben die Leistungsfähigkeit bei Männern, Frauen, Greisen und Kindern in ihren verschiedenen Abstufungen darauf zurückgeführt, daß der Mann im Ganzen mehr Stoff wechselt als die Frau, der Erwachsene mehr als Greise und Kinder. Arbeiter und Denker verändern die Mischung ihres Körpers in kürzerer Zeit als Müßiggänger und Faulenzer. Rasch lebende Menschen, bei welchen Hoffnung, Leidenschaft und banges Verzagen, das sich ebenso schnell wieder löst in jauchzende Zuversicht, das Blut kräftig bewegen, sind rasch lebend eben durch

die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Stoffwechsel in ihrem Körper vollzieht.

Der Aufnahme der Nahrung steht die Aufnahme des Sauerstoffs entgegen, aber nicht in dem Sinne, daß der Sauerstoff einen Theil der Nahrung als Athemmittel fordert, während der andere Theil der Gewebebildung dienen sollte. Die Nahrung, welche Gewebe bildet und nachher durch den eingeathmeten Sauerstoff allmälig in Auswurfsstoffe zerfällt, ist derselbe Stoff auf verschiedenen Entwicklungsstufen. Durch die Verdauung verwandeln sich die Nahrungsstoffe in Blutbestandtheile, diese durch Sauerstoff in Gewebebildner, und es ist nur die fortschreitende Einwirkung des Sauerstoffs, welche in den Geweben die Rückbildung bedingt. Das Wesen der Rückbildung ist die langsame Verbrennung von Fett und Eiweiß, von leimgebendem und federkräftigem Stoff. Endstufen der Verbrennung sind Kohlensäure, Wasser, Harnstoff, Schwefelsäure und Ammoniak.

So lange Blutbildung und Ausscheidung sich das Gleichgewicht halten, erleidet der Körper keine Veränderung seines Gesammtvorraths an Stoff. Dieses Gleichgewicht behauptet sich im Stoffwechsel des Erwachsenen. Man kann den Körper eines dreißig- bis vierzigjährigen Mannes viele Tage lang hintereinander wägen, ohne daß sich eine erhebliche Vermehrung oder

Verminderung des Gewichts einstellt, die nicht durch eine unmittelbar vorhergegangene Einnahme oder Ausgabe zu erklären wäre. Ueber mehrere Tage vertheilt, wird eine solche Gewichtsveränderung vollkommen ausgeglichen.

Beim Greise wird das Gleichgewicht gestört. Die Verdauung ist nicht mehr so kräftig wie beim Mann in der Blüthe des Lebens. Nach der Verdauung richtet sich sehr bald die Aufnahme von Speise und Trank. Dabei dauert die Einwirkung des Sauerstoffs und die von ihr abhängige Rückbildung der Gewebe fort. In Folge dessen stellt sich zunächst eine Verminderung des Nahrungssafts ein. Die Knochen des Greises haben einen Theil ihrer Federkraft eingebüßt, weil sie im Wassergehalt dem Erwachsenen nachstehen (Fremy).

Und weil die Verbrennung die organischen Stoffe trifft und die anorganischen Bestandtheile im Ganzen weniger schnell als die Summe von Eiweiß und Fett den Körper verlassen, so sammeln sich verhältnißmäßig die Salze, zumal die erdigen, reichlicher in den Geweben an. Die Wände der Gefäße und ihre Klappen verkreiden, und in manchen Knorpeln kann die Verkalkung eine wahre Verknöcherung des Gewebes vorbereiten, in deren Folge dessen Federkraft eine bedeutende Abnahme erleidet.

Wenn die Neubildung der Rückbildung nachsteht, dann ist das Schwinden der Gewebe eine unausbleibliche Folge. Es schwindet der Unterkiefer, was sich durch das spitze Kinn der alten Leute verräth. Das Fett unter der Haut erleidet eine beträchtliche Abnahme; daher runzelt sich die nun zu weite Haut an Stirn und Händen. Den dünnen Muskeln fehlt es an Spannkraft, sie vermögen das Rückgrat nicht mehr zu strecken, lassen den Kopf vornüber sinken, und wir bewundern bei kräftigen Greisen den aufrechten sicheren Gang als eine Seltenheit. Die Stimmbänder werden trockener; sie verlieren an Geschmeidigkeit und Federkraft; die Stimme wird rauh und klanglos oder scharf und krächzend. Von dem fünfzigsten Jahre an vermindert sich auch das Gewicht des Hirns (Peacock).

Nach Böcker's Untersuchungen sind während des Schlafs, wenn man denselben mit dem wachen Zustand unter übrigens ganz gleichen Bedingungen vergleicht, die Ausscheidungen vermehrt und zu derselben Zeit die Anbildung des Hirns gesteigert. Beim Säugling, der mehr schläft als wacht, wird die Entwicklung der Gewebe im Ganzen befördert. Weil derselbe, wenn er wacht, nicht unter den gleichen Bedingungen wacht, unter denen er schläft, sondern unruhig zappelt, schreit, spielt, jauchzt, so wird durch seinen häufigen Schlaf die Menge der Kohlensäure, die er ausgiebt, eine

Verminderung erleiden. Der Schlaf erweist sich sonach nicht bloß mittelbar nützlich durch geringeren Verlust, sondern auch unmittelbar durch erhöhte Entwicklung.

Und diesen wohlthätigen Einfluß übt der Schlaf während des ganzen Lebens. Denn in der Nacht wird mehr Sauerstoff aufgenommen und weniger Kohlensäure ausgeschieden als bei Tag, und somit der Sauerstoff aufgespeichert, der als eine Bedingung jeder Kraftäusserung des Körpers bei Tag zur Verwendung kommt (Pettenkofer und Voit).

Beim Greise, der so häufig durch Schlaflosigkeit geplagt wird, muß umgekehrt die Neubildung leiden. Und da man trotz Böcker's Arbeit immer noch annehmen muß, daß eine ruhig durchschlafene Nacht von einem kleineren Gewichtsverlust begleitet ist, als eine unruhig durchwachte, so trägt beim Greise alles dazu bei, das Mißverhältniß zwischen Blutbildung und Rückbildung zu steigern. Mit dem Stoff schwindet die Kraft. Sanft nahet das Ende. Der Tod ist Entkräftung in Folge der Verarmung an Stoff.

XIII.

Rückbildung in der Pflanze.

Was im Thierleib aus der Rückbildung hervorgeht, sammelt sich zum Theil in hohlen Behältern des Körpers, in der Harnblase, den Lungen, der Gallenblase, und wird dann von hier aus durch Harnröhre, Luftröhre und Darm, zum Theil unmittelbar durch die Haut aus dem Körper entfernt. Die Auswurfsstoffe stehen sammt und sonders auf der letzten Stufe des Verfalls.

Die Hauptmenge der von den Pflanzen ausgeschiedenen Körper besteht aus dem Sauerstoff, den alle grünen Theile im Licht so reichlich aushauchen. Allein während die Kohlensäure, die das Thier ausathmet, ein Endglied der Rückbildung darstellt, ist der von der Pflanze ausgeschiedene Sauerstoff entschieden ein Erzeugniß der Entwicklung.

Faßt man die ganze organische Natur, die Welt der Pflanzen und Thiere gleichmäßig in's Auge, dann ist die Entwicklung des Stoffs von den äußersten

Grenzen der einfachsten Verbindungen bis hinauf zu den Blutbestandtheilen der Thiere auf eine Verarmung an Sauerstoff gegründet. Von der Blutbildung an schlägt die Entfaltung des Stoffs durch Vermehrung des Sauerstoffgehalts in Verbrennung, also in eine Aufnahme von Sauerstoff um, die freilich schon in der Pflanze beginnt. Aber alsbald verwandelt sich auch die Entwicklung in Rückbildung.

Kohlensäure und Wasser liefern der Pflanze die Hauptbaustoffe ihres Leibes. Von diesen beiden einfachen Verbindungen enthält aber schon das Wasser allein so viel Sauerstoff, wie im Verhältniß zum Wasserstoff in den verbreitetsten Bestandtheilen der Pflanzen vorhanden ist.

Zellstoff ist der Körper, der, abgesehen vom Wasser, das die Pflanzentheile durchdringt, die Masse des Leibes der Pflanzenwelt darstellt. Dies gilt sowohl für viele dickwandige Algenzellen und manche Pilze*), wie für Erbsen, Rosen und Myrthen. Der Zellstoff ist eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasserstoff und Sauerstoff, die letzteren beiden genau in dem Verhältniß enthaltend, in welchem sie Wasser bilden. Um dies übersichtlicher auszudrücken, hat man sogar häufig den

*) Häufig weicht in den Algen, so wie in den Fäden der Pilze, die Zellhaut in ihren Merkmalen von dem sonst so allgemein verbreiteten Zellstoff ab (De Bary).

Zellstoff als eine Verbindung von Kohlenstoff mit Wasser bezeichnet, jedoch mit Unrecht, weil nichts dafür spricht, daß jener Wasserstoff und Sauerstoff als Wasser in dem Zellstoff bestehen. Gewiß ist nur, daß der Zellstoff aus Kohlensäure und Wasser gebildet wird, und daß das Wasser allein mit der für Zellstoff erforderlichen Wasserstoffmenge so viel Sauerstoff liefert, wie der Zusammensetzung des Zellstoffs entspricht. Allein die Kohlensäure enthält noch weit mehr Sauerstoff als das Wasser. Ein Theil des Sauerstoffgehaltes im Zellstoff wird jedenfalls durch Sauerstoff der Kohlensäure gedeckt. Es entsteht also ein beträchtlicher Ueberschuß an Sauerstoff.

Wasser allein enthält bereits so viel, und Kohlensäure weit mehr Sauerstoff als im Zellstoff vorhanden ist, der sich aus Kohlensäure und Wasser entwickelt. Deshalb kann Zellstoff aus Kohlensäure und Wasser nicht gebildet werden, ohne daß eine ansehnliche Sauerstoffmenge frei wird. Von der Kohlensäure und dem Wasser, die Antheil haben an der Bildung des Zellstoffs, werden aller Kohlenstoff und aller Wasserstoff gebunden, in der Pflanze festgelegt, wie man sich ausdrückt, während von dem Gewicht des Sauerstoffs, das die Summe der Kohlensäure und des Wassers enthielt, mehr als zwei Drittel frei gemacht und von der Pflanze ausgehaucht werden.

Stärkmehl und Stärkegummi*), Zucker und Pflanzenschleim haben alle mit dem Zellstoff das Wesentliche gemein, daß sie nicht mehr Sauerstoff enthalten, als das Wasser, dessen Wasserstoff in ihre Mischung eingeht, der Pflanze zu liefern im Stande wäre. Gleichviel also, welcher von diesen Körpern zuerst im Pflanzenleib aus Kohlensäure und Wasser entwickelt wird, ob Stärkegummi, ob Zellstoff oder Stärkmehl, Ausscheidung von Sauerstoff, und zwar eine sehr reichliche, ist die durchaus erforderliche Bedingung ihrer Entwicklung. Indem die Pflanze Kohlensäure und Wasser in Zellstoff, Gummi, Stärkmehl verwandelt, scheidet sie Sauerstoff aus.

Alte Zellwände sind aber nicht bloß aus Zellstoff, sondern außerdem aus äußeren Schichten von Holzstoffen zusammengesetzt, die durch und um den Zellstoff gelagert sind. Die Holzstoffe sind spätere Entwicklungsstufen des Zellstoffs. Ihr Sauerstoffgehalt steht dem des Zellstoffs nach. Aus Zellstoff können die Holzstoffe nicht hervorgehen, ohne daß von Neuem Sauerstoff frei wird.

Noch ärmer an Sauerstoff ist der Kork, der so häufig die Wände der Zellen zusammensetzt, welche die Oberhaut überziehen. Die Kartoffeln sind von

*) Dextrin.

mehren Schichten überdeckt, deren Zellen aus Kork bestehen. Ebenso sind die zartesten Pflanzenhaare und die Dornen gar häufig mit einer dünnen Korkschichte belegt. Wenn man die harte Schale des Kerns unserer Steinfrüchte mit Salpetersäure kocht, dann trennen sich die Zellen von einander, die vorher durch eine Korkschichte zusammengekittet waren. Der Kork wird durch die sauerstoffreiche Salpetersäure auf verschiedene Verbrennungsstufen übergeführt, zuletzt in Korksäure und Bernsteinsäure verwandelt und dabei aufgelöst (Mitscherlich). Weil nun der Kork sehr viel weniger Sauerstoff führt, als dem Verhältniß entspricht, in welchem dieser mit Wasserstoff Wasser bildet, so kann hinwiederum der Kork aus Zellstoff nur entstehen durch eine Entbindung von Sauerstoff.

Wenn die Wiese grünt, die Palme ihre breite Blätterkrone entfaltet, das Holz der Eichen sich härtet, wenn die Kartoffel ihre Schale bildet, in der Entstehung des Pfirsichkernes und beim Altern des Waldes, immer wird der Stoff an Sauerstoff verarmt, der die Oberfläche der Pflanze erreicht, um im Lichte ausgehaucht zu werden.

Zellstoff, Stärkegummi und Stärkmehl, Kork und Holzstoffe bilden ohne Widerrede die weitaus größere Hälfte der festen Bestandtheile des Pflanzenreichs. Wenn man die Pflanzenwelt häufig vorzugsweise als

die des Wachsthums, als das wachsende Reich bezeichnet, so darf man den Hauptgrund dieses Wachsthums suchen in einer Lockerung des Sauerstoffs aus seinem Verbande mit Kohlenstoff und Wasserstoff, welche mit einer Ausscheidung desselben endigt.

Neben der Bildung von Zellstoff und Kork geht die von Fett und Wachs einher. Aber schon das Fett ist außerordentlich viel ärmer an Sauerstoff, als Zellstoff oder Stärkmehl, das Wachs noch viel ärmer als Fett. So lange die öligen Samen unreif sind, führen sie einen bedeutenden Stärkmehlgehalt, der bei der Reife immer mehr den Fetten weicht, um endlich spurlos zu verschwinden. In den Oliven nehmen Zellstoff und Gerbsäure ab, während sich das Oel vermehrt (Blondeau). Der Farbstoff, welcher alle grünen Theile schmückt, ist reichlich mit einem Wachse vermischt, das zu den sauerstoffärmsten Körpern des Pflanzenleibs gehört. Dieses Wachs verdankt dem Stärkmehl seinen Ursprung (Mulder). Im Zuckerrohr verwandelt sich Zucker in Wachs.

Wenn aber Zucker und Stärkmehl das Fett und das Wachs im Reichthum an Sauerstoff bedeutend übertreffen, so ist auch diese Entfaltung des Stoffs in der Pflanze an Sauerstoffverarmung geknüpft. Bildung von Fett und Wachs ist nicht möglich ohne Ausscheidung von Sauerstoff.

Im Lichte wird der Sauerstoff entwickelt. Darum kann sich das Stärkmehl, das sich durch Abgabe von Sauerstoff in Fett und Wachs verwandelt, nur in inneren Pflanzentheilen behaupten. Die Wurzel führt mehr Stärkmehl als der Stamm, das Mark des Stengels mehr als die Oberfläche. Fackeldisteln enthalten im Innern ihres Marks die größten Stärkekörner. Das Stärkmehl schwindet im Licht. Zwiebelschuppen verlieren ihr Stärkmehl, wenn sie dem Lichte ausgesetzt werden. Die Korkzellen, welche die äußere Oberfläche der Pflanzen überziehen, enthalten nach Mitscherlich kein Stärkmehl, wohl aber Wachs. Es ist die stoffliche Gewalt des Lichts, welche unsere glänzendsten Früchte an ihrer äußersten Oberfläche mit Wachs bekleidet und Pflaumen und Pfirsiche mit ihrem duftigen Reif überzieht.

Freilich liefert das Wechselverhältniß zwischen den stärkmehlartigen Stoffen und Fetten eines der lehrreichsten Beispiele für das Vorkommen von Sauerstoffaufnahme auch in den höheren Gruppirungen der Elemente, welche das Pflanzenleben aufweist. Denn bei der Keimung findet in weitem Umfang eine Umwandlung des in den Samen aufgespeicherten Fetts in Zellstoff statt, und diese Rückkehr des Fetts zu Zellstoff setzt mit Nothwendigkeit eine Verbindung des Fetts mit Sauerstoff voraus. Der Vorgang ist be-

sonders an den Samen des Wunderbaumes*) verfolgt. Die Keimblätter beziehen in der Form von Oel aus dem Samen den Vorrath, der sich in dem Stengelchen der Keimblätter und in der Wurzel, die es fortsetzt, nach und nach in Stärkmehl, Zucker und Zellstoff umwandelt.**)

Unter den stickstoffhaltigen Stoffen ist derjenige, der als der Sonne treuester und nothwendigster Diener zu betrachten ist, das Blattgrün, ein frühreifer Saturn, der noch vor seiner Geburt sein eigenes Lieblingskind, den Sauerstoff, verzehrt. Denn aus den eiweißartigen Körpern, die der Blattbildung vorangehen, kann sich das Blattgrün nur durch Verbrennung entwickeln. Während lösliches Pflanzeneiweiß nicht ganz 22 Hundertstel Sauerstoff enthält, fand Mulder 33 Hundertstel, also die Hälfte mehr, im grünen Farbstoff. Mehr bedarf es nicht, um zu beweisen, daß nicht bloß Kohlensäure, Ammoniak und Wasser, sondern auch der Sauerstoff am Aufbau der Pflanzen betheiligt ist, da ohne Blattgrün die Organisirung jener einfachen Verbindungen den Pflanzen nicht möglich wäre.

Zellstoff und Stärkmehl, Stärkegummi und Holzstoffe, Kork und Fett und Wachs sind alle Entwick-

*) Ricinus communis.

**) Vgl. Sachs, Lehrbuch der Botanik, 4. Auflage, Leipzig 1874, S. 678, 679, 687.

lungsglieder in der Organisirung der Materie. Wenn die Entwicklung in der hier angedeuteten Reihenfolge fortschreitet, dann ist sie von einer kräftigen Sauerstoffausscheidung begleitet. Beweis genug, daß die Ausscheidung in der Pflanze durchaus nicht mit Nothwendigkeit an Rückbildung geknüpft ist. Der ausgeschiedene Sauerstoff ist ein Erzeugniß der höchsten Entwicklung.

Und doch ist in der Pflanze eine Rückbildung vorhanden. Die langsame Verbrennung, welche im Thierkörper die Rückbildung bedingt, fehlt auch der Pflanze nicht. Aber ein großer Theil der Stoffe, die auf den untersten Stufen der rückschreitenden Bewegung stehen, bleiben im Leib der Pflanze eingeschlossen, und nur ein kleiner Theil schreitet in der Verbrennung bis zur Bildung von Kohlensäure und Wasser fort, die in der Pflanze als das Urbild der vollkommenen Rückbildung anzusehen ist.

In dem Harz der Nadelhölzer ist eine Säure, die Bernsteinsäure, enthalten, die wir durch ein kräftiges Verbrennungsmittel, durch Salpetersäure, aus Fettsäuren gewinnen können. Dessaignes hat dieselbe durch Verbrennung der Buttersäure, d. h. durch Behandlung dieser Fettsäure mit Salpetersäure gewonnen. Dieselbe Säure, die wir zuerst im Harz vorweltlicher Nadelhölzer, in dem Bernstein, kennen

lernten, wird in noch jetzt lebenden Pflanzen durch Aufnahme von Sauerstoff gebildet, ebenso wie sie als Verbrennungsprodukt der Buttersäure im menschlichen Harn auftreten kann (Wöhler, Meissner).

Benzoesäure, die im Oel des Spindelbaumes*) vorkommt, wird durch Verbrennung aus flüchtigen Oelen, die Zimmtsäure des Perubalsams auf demselben Wege aus dem Zimmtöl erhalten. Jene läßt sich durch Oxydation eines künstlich darstellbaren Kohlenwasserstoffs, diese aus dem künstlich darstellbaren Bittermandelöl, mit Hülfe der Essigsäure, gleichfalls ganz auf künstlichem Wege gewinnen. Eine eigenthümliche Säure des Thees**) und eine andere des Kaffees***) gehen durch eine schwache Verbrennung aus Gerbsäure hervor. Derselbe Vorgang kann nach Piria den Spargelstoff†) in Aepfelsäure verwandeln. Spargelstoff und Aepfelsäure kommen neben einander in den Kartoffeln vor.

In der Färberröthe ist eine gelbe Flüssigkeit enthalten, die erst durch Einwirkung der Luft in den rothen Farbstoff des Krapps verwandelt wird.

Ebenso wird der blaßgelbe Farbstoff des Blauholzes roth durch Aufnahme des Sauerstoffs der Luft.

---

*) Evonymus europæus.
**) Die Boheasäure.
***) Die Viridinsäure.
†) Asparagin.

Nur im Licht kann der Sauerstoff seinen Einfluß vollkommen entfalten (Schönbein). Daher erglüht die Farbe durch Licht und Luft.

Aber wie die Farbe, so ist der Geruch durch Licht und Sauerstoff bedingt. Die flüchtigen Oele, denen die Pflanzen ihren Geruch verdanken, entwickeln diese Eigenschaft erst an der Luft. Und je nachdem das Licht den Sauerstoff erregt, wird auch die Art des Geruchs nach Schönbein's lehrreichen Versuchen verschieden. Wer wüßte nicht, wie wechselnd uns die Pflanzenwelt berührt, je nachdem wir bei einer grellen Morgenbeleuchtung oder im Schatten eines wolkigen Himmels ihre lieblichen Düfte einsaugen?

Die Verbrennung, welche den Geruch der flüchtigen Oele bethätigt, ist jedoch nur der Anfang einer Verwandlung, die, wenn sie weiter schreitet, die Riechstoffbildner der Pflanzen in Harze überführt. Bei weitem die größere Anzahl der Harze sind Verbrennungsstufen der flüchtigen Oele.

Während die Harze zu einem großen Theil durch die Rinde der Bäume ausschwitzen und also förmlich ausgeschieden werden, ist ein anderer Theil in wandungslosen Kanälen, den sogenannten Harzgängen, eingeschlossen, ohne sich an dem Leben der Pflanze zu betheiligen.

Säuren und Basen, die zu den organischen Stoffen gehören, finden sich in der Pflanze sehr gewöhnlich in

eigenen Höhlen, gleichsam abgeschieden von dem Stoffwechsel, durch welchen die Zellen ringsumher mit einander in dem lebendigsten Verkehre stehen. Kleesaurer und weinsaurer Kalk finden sich besonders häufig in Zellen alter Fackeldisteln abgelagert, sie bilden Krystalle, welche dem Wechsel der in organisirten Formen auftretenden Stoffe entzogen sind. Das Verhältniß wird noch deutlicher an den Kryställchen von kleesaurem Kalk, die an der Oberfläche von Pilzfäden wahrgenommen werden oder in dem Zellgerüst der fallenden Herbstblätter angehäuft sind.

Krystallinische organische Stoffe sind im Gegensatz zu den organisirten gleichsam zur Ruhe gekommen. Das rastlose Leben, welches die Menge des Eiweißes in jungen Zellen beständig vermindert, ihren Zellstoff in Holzstoffe und Kork, ihr Stärkmehl in Fett und Wachs, oder Fett in Stärkmehl, Zucker und Zellstoff verwandelt, schreitet an diesen Krystallen vorbei, die in ihrer Abgeschiedenheit als todter Rückstand der wechselvollen Thätigkeit in der Pflanze aufbewahrt werden.

Darum ist es so bezeichnend für die Stelle, welche die hierher gehörigen Stoffe im Pflanzenleben einnehmen, daß Säuren und Basen, manche Harze und Farbstoffe vor vielen anderen organischen Körpern die Fähigkeit besitzen, Krystallform anzunehmen.

So lange der organische Stoff als Gewebebildner auftritt, ist er weder sauer noch basisch; es fehlt ihm der scharf ausgeprägte chemische Charakter, welcher Säuren und Basen neben ihrer Krystallisationsfähigkeit auszeichnet. Der Muskelstoff*) in den Muskeln, das Eiweiß alter Zellwände der Pflanzen, Zellstoff und Kork sind weder sauer noch basisch. Kohlensäure, Fleischbasis und Harnsäure sind dagegen mit den chemischen Merkmalen begabt, nach welchen sie als Säuren oder Basen benannt werden durften. Man kennt die Kohlensäure und die Fleischbasis wie die Harnsäure in krystallinischem Zustand.

Die meisten Stoffe, die Krystallform annehmen können und zugleich durch deutlich ausgeprägte saure oder basische Eigenschaften eine runde, chemisch abgeschlossene Verfassung nebst einer geringeren Beweglichkeit ihrer kleinsten Theilchen an den Tag legen, stehen an der Grenze des organischen Stoffwechsels, sie sind Stufen des Verfalls.

Ein großer Theil dieser Stoffe geht in der Pflanze wie im Thier aus der Einwirkung des Sauerstoffs auf die Gewebebildner hervor. Andere entstehen als sauerstoffarme oder wohl gar sauerstofffreie Körper neben Erzeugnissen, die allen Sauerstoff, der die Rückbildung bewirkte, für sich in Anspruch nehmen. Es

*) Myosin.

könnte z. B. aus fetten Säuren ein sauerstoffreies flüchtiges Oel neben der sauerstoffreicheren Bernsteinsäure gebildet werden.

So wären denn Säuren und Basen, viele Farbstoffe, Harze und flüchtige Oele Erzeugnisse der Rückbildung in der Pflanze, wie im Thier die Kohlensäure und die Fleischbasis, die Harnsäure, der Harnstoff und der Fleischstoff. Wie diese können sie in der Pflanze in überaus wechselnder Menge vorhanden sein, ja sie können je nach den äußeren Umständen auch wohl ganz fehlen. Als Erzeugnisse der Rückbildung sind sie Folgen des Lebens, ohne deshalb immer als nothwendige Bedingung desselben betrachtet werden zu können. Man begreift daher, daß diese Stoffe nicht zu den allgemein verbreiteten Pflanzenbestandtheilen gehören, sondern bestimmten Gattungen oder Ordnungen eigenthümlich sind.

Bei Thieren, die nur von Pflanzen leben, und einigen Fleischfressern, den Katzen zum Beispiel, fehlt die Harnsäure im Harn. So vermißt man in den Kartoffeln die Kartoffelbasis*), wenn jene im Acker eine hinlängliche Menge anderer Basen vorfinden, während im Keller keimende Knollen mit dem giftigen Kartoffelstoff geschwängert werden. Dem Schierling der

*) Solanin.

asiatischen Steppen geht die Schierlingsbasis*) ab. Die Basen der Chinarinde**) können durch Kalk, eine Säure des Mohnsafts***) durch Schwefelsäure vertreten werden. Kalk und Schwefelsäure gelangen als Nahrungsstoffe in die Pflanze. Durch die Nahrung also werden die Rückbildungsstoffe verändert, ganz ebenso wie reichliche Pflanzenkost im Harn von Menschen und Thieren statt der gewöhnlichen Harnsäure Pferdeharnsäure†) erzeugt und die saure Beschaffenheit der ausgeschiedenen Flüssigkeit einer alkalischen weichen macht.

Es ist eine Folge der scharf ausgeprägten chemischen Merkmale, der rund abgeschlossenen Verfassung der Stoffe, die der Rückbildung angehören, daß die Kunst des Chemikers sie leichter nachahmt, als die mit beweglicheren Theilchen versehenen organisationsfähigen Stoffe, die wir als die vorzüglichsten Gewebebildner kennen.

Von Liebig's schöner Forschung über den Harn war schon früher die Rede. Es gehört zu den besten Früchten jener fruchtbaren Arbeit, daß Liebig mit Wöhler die Möglichkeit entdeckte, den Harnstoff dar-

*) Coniin.
**) Chinin und Cinchonin.
***) Mekonsäure.
†) Hippursäure.

zuſtellen ohne Hülfe eines lebenden Thiers. Dies gelang durch Vermiſchung von ſchwefelſaurem Ammoniak mit cyanſaurem Kali. Ammoniak verbindet ſich mit der Cyanſäure zu Harnſtoff, während nebenher ſchwefelſaures Kali gebildet wird.

In dem ſtinkenden Gänſefuß*) iſt nach Deſſaignes eine organiſche Baſis enthalten, die ich nach dieſem Vorkommen Gänſefußbaſis**) nennen will. Wicke und Wittſtein berichten das Vorkommen derſelben Verbindung in den Knospen und Blüthen der Birnen, des Weißdorns und der Vogelbeeren***). Aber dieſe Baſis gehört zu der Reihe von Alkaloiden, welche Wurtz in einer genialen Unterſuchung über die zuſammengeſetzten Ammoniakarten mit Hülfe von Kali aus cyanſauren Aetherverbindungen darſtellen lehrte. Man hatte die chemiſche Verfaſſung der Gänſefußbaſis erkannt, den Weg gefunden, ſie künſtlich zu bereiten, ja Wertheim hatte ſie durch Deſtillation einer Baſis des Mohnſaftes†) wirklich dargeſtellt, bevor man ſie in einer lebenden Pflanze aufgefunden hatte. Darum iſt es von weit höherer als bloß ortbeſchreibender Bedeutung, daß Deſſaignes dieſen Stoff im ſtin-

*) Chenopodium Vulvaria.

**) Trimethylamin.

***) Pyrus communis, Crataegus Oxyacantha, C. monogyna, Sorbus aucuparia.

†) Des Narkotins.

kenden Gänsefuß und Wittstein vorzüglich in den Knospen von Pflanzen, die zur Familie der Aepfelbäume gehören, nachgewiesen haben.

So ist es in neuerer Zeit Hofmann, einem Forscher, der ein nahe verwandtes Feld ebenso glücklich anbaut wie Wurtz, gelungen, unter künstlichen Basen, die er aus Alkoholarten bereitet, einen Stoff zu gewinnen, der in den Gewichtsverhältnissen seines Stickstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs mit dem wichtigsten Chinastoff*) übereinstimmt. Obgleich hiermit noch kein Chinastoff dargestellt ist, so liegt doch wieder eine Thatsache vor, die uns beweist, daß die innere Verfassung von Basen und Säuren wegen ihrer chemischen Artbestimmtheit unter den organischen Körpern verhältnißmäßig leicht zu erforschen ist.

Für die Säuren ist der Beweis dieses Satzes so zu sagen in erschöpfender Weise gegeben. Die am meisten verbreiteten hat man aus den Elementen künstlich darstellen gelernt.

Jene hautreizende Säure, welche die Haare der Brennnesseln mit den Ameisen gemein haben und die man nach letzteren Ameisensäure nennt, entsteht, wenn man Kohlenoxyd und Kaliumhydrat auf 100° erhitzt.**)

---

*) Chinin.

**) Kohlenoxyd Kaliumhydrat Ameisensaures Kalium

$$CO + \begin{matrix} H \\ K \end{matrix}\Big\}O = \begin{matrix} CHO \\ K \end{matrix}\Big\}O$$

Von der Ameisensäure gelangt man zur mehrfach erwähnten Kleesäure, wenn man sie mit überschüssigem Baryt erhitzt. Es zerlegt sich dann in einfacher Weise die Ameisensäure in Kleesäure und Wasserstoff.*)

Wie hier die Ameisensäure als Ausgangspunkt für die Bildung der Kleesäure dient, die man aber noch einfacher auf andere Weise gewinnen kann, so kann uns die Bernsteinsäure zur Aepfel- und Weinsäure führen.

Die Bernsteinsäure aber läßt sich aus den Grundstoffen aufbauen. Zu diesem Behuf bedürfen wir zunächst eines aus Kohlenstoff und Wasserstoff zusammengesetzten Gases, das sich bei der unvollständigen Verbrennung organischer Stoffe entwickelt und sich durch seinen unangenehmen Geruch bei qualmenden Lichtern verräth, weshalb ich es Qualmgas**) nennen möchte. In sehr hoher Wärme entsteht es durch die unmittelbare Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff. In dunkler Rothglühhitze kann man das Qualmgas zwingen, sich mit mehr Wasserstoff zu ölbildendem Gase***) zu verbinden, wobei sein Wasserstoffgehalt verdoppelt wird.†) Oelbildendes Gas, das

---

*) Ameisensäure — Kleesäure — Wasserstoff.
$2\ (C\ H_2\ O_2) = C_2H_2O_4 + 2\ H.$

**) Acetylen.

***) Aethylen.

†) Qualmgas (Acetylen) — Wasserstoff — ölbildendes Gas (Aethylen)
$C_2\ H_2 + 2\ H = C_2\ H_4.$

seinen Namen der Eigenschaft verdankt, mit Chlor eine ölige Flüssigkeit zu bilden, vereinigt sich auch leicht mit Brom*), und aus der Bromverbindung entsteht, wenn sie auf Cyankalium einwirkt, die entsprechende Cyanverbindung.**) Wenn man aber das mit Cyan verbundene ölbildende Gas mit Kalilauge kocht, dann entstehen, unter Wasseraufnahme, Bernsteinsäure und Ammoniak.***)

So hätten wir die Bernsteinsäure, in welcher sich ein oder zwei Atome Wasserstoff durch Brom ersetzen lassen, so daß eine Einfach- und Zweifach-Brombernsteinsäure entstehen.†) Werden aber diese Brombernsteinsäuren mit Silberoxyd und Wasser gekocht, dann wird je ein Atom des Broms durch die aus einem Atom Sauerstoff und einem Atom Wasserstoff bestehende Gruppe††) ersetzt, und so entsteht aus der Einfach-Brombernsteinsäure die sauerstoffreichere Aepfelsäure, aus der Zweifach-Brombernsteinsäure die noch

---

*) Aethylenbromid, $C_2 H_4 Br_2$.

**) Aethylencyanid, $C_2 H_4 (CN)_2$.

***) Aethylencyanid (mit Cyan verbundenes ölbildendes Gas) Wasser Bernsteinsäure Ammoniak

$$C_2 H_4 (CN)_2 + 4H_2O = C_4 H_6 O_4 + 2 NH_3.$$

†) Einfach Brombernsteinsäure, $C_4 H_5 BrO_4$.
Zweifach Brombernsteinsäure, $C_4 H_4 Br_2 O_4$.

††) Hydroxyl = OH.

sauerstoffreichere Weinsäure*), während sich das Brom mit dem Silber verbindet. Hiermit ist also gezeigt, wie man auf künstlichem Wege die Grundstoffe zur Bernsteinsäure, zur Aepfel- und Weinsäure zusammenfügen kann. Aber Aepfel- und Weinsäure gehören zu den verbreitetsten Säuren unserer Früchte, und wie sich die erstere als eine sauerstoffärmere Vorstufe der letzteren betrachten läßt, so kann umgekehrt durch Sauerstoffentziehung die Weinsäure erst in Aepfelsäure und diese in Bernsteinsäure zurück verwandelt werden.

Schweizer hat mit Bestimmtheit nachgewiesen, daß das Oel des Spindelbaums die früher so oft ohne hinlängliche Beweismittel im Pflanzenreich verkündigte Essigsäure, gebunden an Oelsüß, enthält, und nach Kolbe's Entdeckung läßt sich Chlorkohlenstoff in Chloressigsäure und diese in Essigsäure verwandeln. Wir sind also im Stande, jene Säure des Spindelbaums aus rein anorganischen Stoffen künstlich darzustellen. Und nicht etwa bloß auf die angegebene Weise. Man braucht zum Beispiel nur Weinsäure und Kaliumhydrat zusammenzuschmelzen, um Essigsäure und Kleesäure zu erhalten, von der Gewinnung der ersteren

---

*) Einfach-Brombernsteinsäure Brom Hydroxyl Aepfelsäure
$C_4 H_5 Br O_4 - Br + OH = C_4 H_6 O_5$.
Zweifach-Brombernsteinsäure Weinsäure
$C_4 H_4 Br_2 O_4 - 2Br + 2OH = C_4 H_6 O_6$

aus Alkohol, den Berthelot gleichfalls aus den Grundstoffen bereiten lehrte, für jetzt gar nicht zu reden. Kann man doch Qualmgas mit Sauerstoff und Wasser geraden Weges zu Essigsäure verbinden*), oder Kohlensäure mit Natriummethyl zu essigsaurem Natrium**).

Kurz, es ist bis heute für die Erzeugnisse der Rückbildung bezeichnend, daß ihre scharf ausgeprägte chemische Beschaffenheit es dem Chemiker erleichtert, einen tieferen Blick in das Geheimniß ihrer Verfassung zu werfen. Wenn Liebig's Hoffnung nicht zu kühn ist — und ich theile sie mit vollem Bewußtsein —, daß wir dereinst im Stande sein werden, Eiweiß darzustellen***), also den Stoff, der auf dem Gipfel organischer Mischung steht, so dürfen wir gewiß erwarten, daß die Kunst, die Stoffe des Verfalls organischer Wesen zu bereiten, zu jenem Ziele die Vorschule sein wird.

Wo wir die Blicke hinwenden, wenn wir das rastlose, und man darf es wohl dankbar sagen, das geistvolle Treiben in der organischen Chemie verfolgen,

---

*) Acetylen Sauerstoff Wasser Essigsäure

$$C_2 H_2 + O + H_2 O = C_2 H_4 O_2$$

**) Natriummethyl Kohlensäure Essigsaures Natrium

$$CH_3 Na + CO_2 = C_2 H_3 Na O_2.$$

***) Liebig, Chemische Briefe, vierte Auflage, Leipzig und Heidelberg, 1859, S. 25.

begegnen wir Umwandlungskünsten in der Werkstatt des Chemikers, die uns zu jeder Hoffnung berechtigen. Die Physiologen waren noch in der Freude befangen, daß man durch zweckmäßige Verbrennung der eiweißartigen Körper die ganze Reihe der flüchtigen Fettsäuren gewinnen kann, da lehrte uns Deville Terpentinöl in Citronenöl, und Hlasiwetz Senföl in Salbeiöl, Stinkasandöl in Senföl verwandeln. Durch verhältnißmäßig einfache Kunstgriffe kann man dem widerlich riechenden Terpentinöl den lieblichen Duft nach Hyacinthen (Wiggers) oder auch den Geruch nach Thymian oder nach Rosmarin ertheilen.

Aus Holzgeist und einer Säure, die wir aus dem Bitterstoff *) der Weidenrinde gewinnen, ist nach Cahours das liebliche flüchtige Oel des kanadischen Thee's **) zusammengesetzt, und beide diese Stoffe lassen sich künstlich aus den Elementen aufbauen. Schon ist man so weit, in den duftigsten Früchten Verbindungen von Aetherarten mit organischen Säuren vermuthen zu dürfen. In den Quittenschaalen findet sich wahrscheinlich derselbe Aether, der in allen Weinen vorkommt und nach einer Untersuchung von Delffs aus Rosenkrautsäure und Aether besteht. ***). Noch

*) Salicin.

**) Gaultheria procumbens. Das Oel ist nach Cahours salicylsaures Methyloxyd.

***) Pelargonsaures (früher önanthsaures) Aethyloxyd.

ein Schritt weiter, und es gelingt dem Scheidekünstler, entlegene Stoffe zusammenbindend, den würzigen Duft schmackhafter Früchte mit Retorten und Weingeistlampen hervorzuzaubern. Und in der That, das Wissen ist bereits aus der Werkstatt der Scheidekünstler in die Küche der Zuckerbäcker gewandert. Der rosenkrautsaure Aether wird als sogenanntes Traubenöl verwendet, und Verbindungen von Essigsäure, Buttersäure und Baldriansäure mit Amyloxyd, einem ätherähnlichen, aber an Kohlenstoff und Wasserstoff reicheren Körper, ertheilen unserem Zuckerwerk die liebliche Würze von Birnen, Aepfeln und Ananasfrüchten.

Unter den flüchtigen Oelen hat man den Hauptbestandtheil eines der würzigsten, des Zimmtöls nämlich, aus den Grundstoffen aufbauen gelernt. Auch hierzu geht man, wie bei dem künstlichen Aufbau der Bernsteinsäure, vom Qualmgas aus. Wird dieses einer hohen Wärme ausgesetzt, so bildet sich Benzin, das sich mit noch unverändertem Qualmgas zu einer neuen Kohlenwasserstoffgruppe vereinigt.*) Diese zerfällt unter Aufnahme von Wasserstoff wieder in Qualmgas und einen Kohlenwasserstoff, der gleich viel Wasserstoff enthält wie die zuletzt erwähnte Gruppe, aber ein Atom

*) Styrol oder Cinnamol.

Qualmgas (Acetelen)			Benzin oder Benzol.
$3\ C_2\ H_2$		=	$C_6\ H_6$.
Qualmgas (Acethylen)	Benzin		Styrol oder Cinnamol
$C_2\ H_2$	+ $C_6\ H_6$	=	$C_8\ H_8$.

Kohlenstoff weniger.*) Diesen Kohlenwasserstoff nennen die Chemiker Toluol. Er entläßt unter Einwirkung von Chlor in der Siedhitze zwei Atome Wasserstoff, an deren Stelle zwei Atome Chlor eintreten, die sich ihrerseits durch ein Atom Sauerstoff verdrängen lassen, so daß aus dem Toluol Bittermandelöl hervorgeht.**) Aber Bittermandelöl verbindet sich mit dem an Wasserstoff verarmten Alkohol, den die Chemiker Aldehyd nennen, zu dem Hauptbestandtheil des Zimmtöls, dem Cinnamylaldehyd, wenn man beide Körper in Gegenwart von etwas Salzsäure erwärmt.***)

Im Angesicht der obigen Betrachtungen, von welchen die eine die andere beleuchtet und ergänzt, scheint mir die Annahme nicht erschlichen, daß Basen und Säuren, flüchtige Oele und Aetherarten, Farbstoffe und Harze in der Pflanze auf verschiedenen Stufen der Rückbildung stehen.

Daraus soll nicht gefolgert werden, daß die be-

---

*) Styrol — Wasserstoff — Qualmgas (Acetylen) — Toluol

$$2\,C_8\,H_8 + 2\,H = C_2\,H_2 + 2\,C_7\,H_8.$$

**) Toluol — Chlor — Zweifach-Chlortoluol — Wasserstoff

$$C_7\,H_8 + 2\,Cl. = C_7\,H_6\,Cl_2 + 2\,H$$

Zweifachchlor-toluol — Quecksilber-oxyd — Bittermandelöl — Quecksilber-chlorid

$$C_7\,H_6\,Cl_2 + Hg\,O = C_7\,H_6\,O + Hg\,Cl_2.$$

***) Bittermandelöl (Benzoylaldehyd) — Aldehyd — Cinnamyl-aldehyd — Wasser

$$C_7\,H_6\,O + C_2\,H_4\,O = C_9\,H_8\,O + H_2\,O.$$

treffenden Stoffe nur durch Aufnahme von Sauerstoff aus anderen organischen Körpern in der Pflanze hervorgehen. Mehr noch als die sauerstofffreien unter den flüchtigen Oelen, die aus einer mit Sauerstoffaufnahme verbundenen Spaltung kohlenstoffreicherer Stoffe entstehen könnten, spricht dagegen die allgemeine Thatsache, daß dieselben Stoffe verschiedenen Ursachen ihre Entwicklung verdanken. Wenn auch die Fette zum Beispiel gewöhnlich unter Abscheidung von Sauerstoff aus stärkmehlartigen Körpern hervorgehen, so sind wir doch gezwungen, auch umgekehrt die Entstehung von Stärkmehl aus Fett anzuerkennen, die ohne Bereicherung des letzteren an Sauerstoff nicht möglich wäre.

Wenn nun in der Pflanze die allmälige Sauerstoffverarmung in hohem Grade über die Verbrennungsvorgänge vorherrscht, wenn wir gestehen müssen, daß wir bisher unbekannt sind mit den Zwischenstufen, die von Kohlensäure und Wasser zu Stärkmehl und Zellstoff führen, so ist gewiß die Ansicht nicht widersinnig, daß die organischen Säuren eben jenen Zwischenstufen entsprechen könnten. Nach Liebig ist der Stoff auf der Stufe der Pflanzensäuren nicht im Zerfallen, sondern im Aufbau begriffen. Indem Kohlensäure und Wasser allmälig ärmer werden an Sauerstoff, sollen erst Kleesäure, dann Weinsäure, Aepfelsäure, Citronensäure, zuletzt aus den Säuren Zucker

entstehen. Dagegen ist aber zu erinnern, daß wenn die Früchte reifen, es in der Mehrzahl der Fälle nicht ihre Säure ist, die sich in Zucker verwandelt, denn neben dem Zucker nimmt auch die Säure zu (Bérard). Die Frucht wird nichtsdestoweniger süß, weil sich die Menge des Zuckers verhältnißmäßig stärker vermehrt, so zwar, daß der Zucker die Säuren einhüllt. Hieran schließt sich die lehrreiche Thatsache, daß in unreifen Trauben die sauerstoffärmere Aepfelsäure der sauerstoffreicheren Weinsäure vorangeht (Schwarz).

Es ist oben mitgetheilt worden, daß in der Pflanze Nachts die langsame Verbrennung ohne Zersetzung von Kohlensäure stattfindet. Um so bezeichnender ist es, daß die Blätter einiger Pflanzen*), welche um die Mittagszeit gar keinen und Abends einen bitteren Geschmack hatten, Morgens mit einem scharf sauren Geschmack versehen sind.

Nur von der Gerbsäure ist es wahrscheinlich, daß sie beim Reifen mancher Früchte in Zucker und Gallussäure zerfällt, da Strecker uns gelehrt hat, wie wir durch Kochen mit verdünnter Schwefelsäure die Eichengerbsäure in jene beiden Stoffe spalten können. Eben diese Zerlegung hat De Bary in Gerbsäurelösungen beobachtet, in welchen Pilzfäden untergetaucht waren. Daß in den Früchten eine solche Spaltung

*) Cacalia ficoïdes, Cotyledon calycina.

wirklich erfolgen dürfte, wird noch viel wahrscheinlicher durch die Erfahrung Robiquet's, nach welcher es in den Galläpfeln dieselbe Hefe, die in den Früchten vorkommt*), sein soll, welche die Umsetzung der Gerbsäure in Gallussäure und Zucker bewirkt. Es scheint sich hier um eine allgemeine Eigenschaft der Gerbsäure zu handeln, da Strecker von der Catechugerbsäure und Hlasiwetz von der Chinovagerbsäure nachgewiesen haben, daß sie zu den gepaarten Zuckerverbindungen gehören. Nur hüte man sich, vorschnell anzunehmen, daß für die Früchte, deren herber Geschmack in unreifen Zuständen an Gerbsäure erinnert, der Hauptvorgang des Reifens auch wirklich in einer Umwandlung von Gerbsäure in Zucker und Gallussäure besteht. Selbst unreife Birnen enthalten keineswegs regelmäßig Gerbsäure (Bérard), obgleich die schwarze Farbe, die sie oft den Messern ertheilen, anzudeuten scheint, daß diese Säure häufig darin vorkommt.

Im Gegensatz zu dem hier angenommenen Verhalten in den Früchten wird in manchen ausdauernden Winterblättern, die eine rothe oder rothbraune Farbe annehmen, die Gerbsäure in Kugeln abgelagert, welche als Träger der rothen oder gelben Farbstoffe

*) Pektase.

erscheinen (Kraus). Die Farbstoffe selbst dürften unter Sauerstoffaufnahme aus dem Gerbstoff hervorgehen, da sich ein Gallapfel, der in Wasser, das etwas kohlensauren Kalk oder kohlensaure Magnesia enthält, untergetaucht ist, nach und nach mit einem grünen, blauen, rothen und schwarzen Kreise umgiebt, wobei die Gerbsäure Sauerstoff aufnimmt.*) Hier, wie in den Oberhautzellen der Keimblätter des Wunderbaums, scheint sich die Gerbsäure an dem Aufbau der Pflanze nicht weiter zu betheiligen.

Betrachtet man die Mehrzahl der Säuren und Basen, mit Ausnahme des Blattgrüns, die Farbstoffe und Aetherarten, flüchtige Oele und Harze als Erzeugnisse des rückbildenden oder als Nebenerzeugnisse des anbildenden Stoffwechsels, dann ergiebt sich hier ein neuer Unterschied, der in einer sehr bezeichnenden Weise die Pflanzen den Thieren gegenüberstellt. Während das Thier alle Stoffe des Verfalls so rasch ausscheidet, daß man Mühe hat, dieselben zu ereilen auf der großen Heerstraße des Bluts, die sie alle durchwandern, entwickelt und bewahrt die Pflanze Riechstoffe und Farbstoffe in der Blüthe ihres Lebens, und wir finden Säuren, Basen und Harze in Zellen bleibend abgelagert, an welchen kaum noch eine Lebens-

*) Vgl. Liebig, Handbuch der organischen Chemie, Heidelberg 1843, S. 485.

thätigkeit wahrzunehmen ist. Eine der Dammsäure ähnliche Säure*) findet sich in den herbstlichen Blättern und nach Mulder im harten Holze des Kerns der Steinfrüchte. Diese Säure ist sonst nur Erzeugniß der Verwesung und gehört auch in der Pflanze unstreitig der Rückbildung an.

Es herrscht überhaupt bei der Pflanze ein viel weniger feindlicher Gegensatz zwischen den Bestandtheilen der Gewebe und den Erzeugnissen des Verfalls, zwischen Leben und Verwesung, als beim Thiere. Lange trägt der Baum innerhalb der herbstlichen Blätter schwarzbraune Stoffe der Dammerde mit sich, bevor das fallende Laub seine Bestandtheile der Muttererde zur vollständigen Verwesung und zugleich zur neuen Nahrung der Wurzeln überantwortet. Viele für die Pflanze unmittelbar verwendbare Stoffe, phosphorsaure Salze und Eiweiß, aufgelöstes Stärkmehl und Blattgrün, waren vorher durch die Blattstiele in den Stamm gewandert, während kleesaurer Kalk, als Rückstand des Beitrags, den schwefelsaurer Kalk zur Eiweißbildung lieferte, und verwesender Zellstoff die fallenden Blätter als der Rückbildung gehörig bezeichnen.

Der Unterschied, der die pflanzlichen Stoffe der Rückbildung der Kohlensäure und dem Harnstoff des Thiers gegenüberstellt, ist jedoch nicht damit erschöpft,

*) Ulminsäure.

daß diese Auswurfsstoffe sind, während jene für längere Zeit in der Pflanze verweilen. Die fraglichen Körper sind auch der Art nach verschieden, sie sind verschieden durch Entwicklung und Zusammensetzung. Und dieser Unterschied läßt sich mit Einem Worte bezeichnen. Die Einwirkung des Sauerstoffs ist bei der Bildung der pflanzlichen Stoffe viel weniger thätig, als bei der Verbrennung der thierischen Gewebe zu Kohlensäure und Harnstoff, wenn es auch feststeht, daß in der Pflanze gleichfalls Kohlensäure gebildet wird. Viele flüchtige Oele enthalten gar keinen Sauerstoff, die meisten Basen und manche Farbstoffe verhältnißmäßig wenig, und selbst der sauerstoffreichste Körper, der unter den eigentlichen Pflanzensäuren auftritt, die Kleesäure enthält für die gleiche Kohlenstoffmenge im wasserfreien Zustande nur drei Viertel so viel Sauerstoff wie die im Thierkörper so reichlich, in der Pflanze in verhältnißmäßig geringer Menge entstehende Kohlensäure. Um so wichtiger bleibt es, daß gerade die sauerstoffreichsten Verbindungen unter den Körpern gefunden werden, welche ich hier für die rückbildende Thätigkeit der Pflanze in Anspruch nehme. Die Kleesäure besitzt den höchsten Sauerstoffgehalt unter den Pflanzensäuren, und während die Alkaloide, die alle stickstoffhaltig sind, meist weniger Sauerstoff enthalten als die eiweißartigen Körper, und einige, wie

die des Schierlings*) und Tabacks**), gar keinen Sauerstoff besitzen, können Solanin und Narcotin nur durch eine Bereicherung eiweißartiger Körper an Sauerstoff gebildet werden.

Man hat schon oft und aus guten Gründen gekämpft gegen die übertriebene Sucht, im Leben der Pflanze überall dem Thierleben entsprechende Erscheinungen zu finden, und namentlich Schleiden hat uns in dieser Hinsicht von vielen unglücklichen Vorstellungen befreit. Nach den obigen Betrachtungen darf es wohl noch einmal hervorgehoben werden, daß auch im Stoffwechsel höchst bezeichnende Unterschiede auftreten. Was vom Thiere ausgeschieden wird, sind Stoffe der Rückbildung; der Sauerstoff, den die Pflanze so reichlich aushaucht, ist im Gegentheil ein Erzeugniß der Entwicklung. Und während das Thier die Säuren und Basen, und die zwischen beiden stehenden gleichgültigen Stoffe, die aus dem Verfall seiner Gewebe hervorgingen, in sehr kurzer Zeit aus seinem Körper ausstößt, sehen wir die Pflanze eine ganze Reihe von Verbindungen, die in ähnlicher Weise einer rückbildenden Thätigkeit ihre Entstehung verdanken, in ihrem Leibe aufbewahren.

---

*) Coniin.

**) Nicotin.

Wer die Pflanzenwelt mit lebenslustigen Augen anschaut, muß diesen Stoffen der Rückbildung eine ganz besondere Theilnahme schenken. Wir finden unter denselben die Würzen, die den Gaumen reizen, die Düfte, an denen sich der Riechnerve und die Erinnerung ergötzen, die Farbenpracht, die unser Auge entzückt. Wie viele Speisen verdanken einer kleinen Menge Zimmtöl oder Gewürznelkenöl eine Verbesserung des Geschmacks, zu dessen Genuß schon der Geruch uns einladet, während weniger als ein Quentchen Farbstoff dazu gehört, die Blätter einer mäßig großen Linde mit dem saftigsten Grün zu schmücken.

Gewiß, wir dürfen uns nicht wundern, daß Mistkäfer und Thiere höherer Ordnung Aas und Auswurf verzehren, daß die ganze Pflanzenwelt lebt von den Ausscheidungen der Thiere, da wir uns selbst ergötzen an dem, was durch das Leben der Pflanzen untergegangen ist und mit Harn und Koth dieselbe Bedeutung hat.

Ohne die allgemein verbreiteten Bestandtheile der Pflanzen, ohne ihr Eiweiß und Stärkmehl, ihren Zellstoff und Gummi, wäre unser Leben nicht möglich. Ein großer Theil der lieblichsten Sinnenreize haftet auf den niedrigsten Entwicklungsstufen pflanzlichen Lebens Und wenn wir kränkeln, heilen wir uns mit den in der Pflanze verweilenden Erzeugnissen der Rückbildung.

Kein Theil der Chemie hat dem Heilkünstler größeren Nutzen gebracht, als die genauere Erforschung des in den Pflanzen angesammelten Koths. Wenn wir in den meisten Fällen statt der Chinarinde dem Kranken nur einen Bestandtheil derselben, den Chinastoff geben, ersparen wir ihm nicht nur die Verdauung vieler nutzloser Stoffe, sondern wir sind auch im Stande, mit genau bekannten Gewichtsmengen auf den Körper einzuwirken, während in demselben Gewicht der Rinde sehr wechselnde Mengen des wirksamen Stoffs vorhanden sind. Mohnsaft kann schwach wirken und kräftig, wenn ich aber den wirksamen Stoff des Mohnsafts abscheide und ihn wäge, dann bin ich meiner Wirkung insoweit gewiß, als sie eben von diesem Stoffe abhängig ist. Und nur durch Wägung des Arzneimittels lassen sich sichere Erfahrungen gewinnen. Vor vielen Jahren hat uns Bretonneau gelehrt, daß Eine große Gabe des Chinastoffs Wechselfieber rascher und billiger heilt, als viele kleine Gaben. Eine solche Erfahrung war mit der ungetheilten Chinarinde kaum möglich.

Der Koth des Chinabaums heilt kranke Menschen, und Schiffe kalfatert man mit Harzen. Genuß und Heilung und Verkehr, sie alle werden gefördert durch die Rückbildung der Pflanzen, wie das Leben dieser durch den Auswurf der Thiere.

Aber auch die Pflanze selbst verdankt der Rückbildung ihrer Baustoffe, wenn auch auf Umwegen, eine wesentliche Förderung ihrer eigenen Entwicklung. Es wird dies in all den Fällen offenbar, in welchen Insekten, angelockt durch den Wohlgeruch der Blüthen, aus deren Nektarbehältern süße Säfte schlürfen und, sich zwischen den Staubgefäßen durchwindend, ihren Körper mit Blumenstaub beladen, den sie auf die Narben anderer Blüthen übertragen, die Befruchtung vermittelnd, die selbst in Zwitterblüthen ohne äußere Hülfe oftmals nicht vollzogen wird. Oder es sind Vögel, die wohlschmeckende Früchte genießen und, nachdem deren nahrhafte Hülle in ihrem Darmkanal aufgelöst worden, die Samen entleeren und deren Aussaat besorgen.

Obgleich die Pflanze zum Theil ausscheidet, was aus Entwicklung hervorging, und aufbewahrt, was in rückschreitender Bewegung des Stoffwechsels begriffen ist, fehlt es doch nicht an Stoffen, die, zugleich der Rückbildung und der Ausscheidung angehörend, als wahre Auswurfsstoffe der Pflanze betrachtet werden müssen.

Zunächst wird ein Theil der oben besprochenen Erzeugnisse der Rückbildung wirklich ausgeschieden. Die riechstoffbildenden Oele, einzelne Basen, wie die des Schierlings, des stinkenden Gänsefußes und der

Birnblüthen, die Ameisensäure der Brennnesseln und Wachholderbeeren sind flüchtig und können deshalb unter Umständen von der Oberfläche der Pflanze entweichen. Dies erfolgt jedoch nicht immer, weil die flüchtigen Basen und Säuren in der Pflanze verbleiben, wenn jene durch ihre Verbindung mit Säuren, diese durch Basen festgelegt sind. Wenn wir aber den balsamischen Geruch unserer Blumenbeete einschlürfen, athmen wir wahre Auswurfsstoffe der Pflanzen ein.

Ausgeschieden wird ferner ein ansehnlicher Theil des verdunstenden Wassers, und zwar namentlich an der unteren Fläche der Blätter. Nach Garreau's Versuchen wird manchmal von der unteren Fläche der Blätter ebensoviel, öfters aber dreimal, in seltneren Fällen sogar fünfmal soviel Wasser verdunstet, als von der oberen Fläche entweicht. Es ist dies darin begründet, daß die obere Fläche der Blätter, die dem Lichte zugekehrt ist, weit mehr Wachs zu enthalten pflegt, als die untere. Von den Adern der Blätter und von allen anderen Gegenden der Oberhaut, die weniger mit Wachs getränkt sind, wird auch mehr Wasser ausgehaucht. Wachs verändert, wo es reichlich zugegen ist, die Oberhaut in eine für Wasserdampf schwer durchdringliche Schichte.

Neuere Versuche haben es vollends bestätigt, daß Draper mit Recht den Pflanzen eine Stickstoffaus-

scheidung zuschreibt (Cloëz und Gratiolet, Ad. und W. Knop).

Diese Stickstoffausscheidung wird uns auf der Stelle begreiflich, wenn wir die Zusammensetzung des Ammoniaks mit der der stickstoffhaltigen Bestandtheile der Pflanzen vergleichen. Im Verhältniß zum Wasserstoff enthält das Ammoniak viel mehr Stickstoff als die eiweißartigen Stoffe. Und da wir die stickstoffhaltigen Pflanzenbasen zum Theil gewiß von den Eiweißkörpern der Pflanze herleiten dürfen, so verdient es alle Beachtung, daß wieder die eiweißartigen Bestandtheile im Vergleich zum Wasserstoffgehalt eine weit größere Stickstoffmenge führen, als die meisten Pflanzenbasen. Die Basen der Chinarinde und des Mohnsafts liefern hierfür die sprechendsten Beispiele. Demnach darf ein Theil des Stickstoffs, den die Pflanzen ausscheiden, der Umwandlung von Ammoniak und Kohlensäure in Eiweiß, von Eiweiß in Chinabasen oder Mohnsaftbasen zugeschrieben werden. Kaffeestoff und Kakaostoff unterscheiden sich dagegen von den übrigen Basen dadurch, daß sie im Verhältniß zum Wasserstoff mehr Stickstoff enthalten, als die eiweißartigen Körper der Pflanze, ja sie übertreffen in dieser Beziehung sogar das Ammoniak.

Wenn aber die Pflanze Stickstoff ausscheidet und Wasser, so fehlt unter ihren Auswurfsstoffen auch

die Kohlensäure nicht. Es war längst bekannt, daß sich der Vorgang, durch den die Pflanzen wachsen im Licht, der Austausch von Sauerstoff gegen Kohlensäure, in der Nacht umkehrt, so daß Sauerstoff aufgenommen und Kohlensäure ausgeschieden wird. Aber diese Umkehr beginnt schon im Schatten eines wolkigen Himmels und in der Dämmerung. Ebenso erfolgt sie im keimenden Samen und in der samenerzeugenden Blüthe. Oder, besser gesagt, wo Blattgrün oder Licht fehlt, da findet keine Zersetzung von Kohlensäure statt, und daher wird die immerwährend vor sich gehende langsame Verbrennung, die Aufnahme von Sauerstoff und allmälige Bildung von Kohlensäure in der Pflanze im Dunkeln, beim Keimen und in der Blüthe leichter bemerkbar. Beim Keimen der Samen geht die Rückbildung so weit, daß das Gewicht der organischen Stoffe, wenn die Keimung im Dunkeln vor sich geht, sich um die Hälfte vermindern kann.

Da, wo in der Pflanze der Gipfel des Lebens liegt, in Keim und Blüthe, da erreicht auch die Bewegung des Stoffs ihre höchste Geschwindigkeit. Wenn in der Pflanze, in der alle Thätigkeit sich einigt zur Entbindung von Sauerstoff, die Theile, an welche die höchste Leistung des Pflanzenlebens, die Fortpflanzung der Gattung geknüpft ist, eine Verbrennung zeigen, welche zu derselben Endstufe führt, wie die Athmung

im Thier, dann ist fürwahr auch in der grünenden und blühenden Welt der Gedanke ausgeprägt, daß die höchsten Lebenskeime in Rückbildung und Untergang zu finden sind, daß unverbrüchlich die kräftigste Thätigkeit die schnellste Abnützung voraussetzt.

XIV.

Die Wärme von Pflanzen und Thieren.

In einem ihrer schönsten Romane*) erzählt George Sand, daß es eine den Ochsenhirten sehr bekannte Art giebt, trotz der Kühle der Nacht gesund unter freiem Himmel zu schlafen. Man läßt auf einer Wiese einen behaglich gelagerten Ochsen aufstehen und legt sich an dessen Stelle. Fühlt man sich nach einiger Zeit kalt und feucht, so braucht man nur einen anderen Ochsen von seinem Lager zu vertreiben. Die Stätte, an welcher ein solches Thier einige Stunden lang geruht hat, ist immer vollkommen trocken und besitzt eine angenehme, heilsame Wärme.

Es ist dies eine an kalten Wintermorgen sehr bekannte Anwendung des Satzes, daß Menschen und Thieren eine Wärmequelle innewohnt, welche von den umgebenden Mitteln bis zu sehr weiten Grenzen unabhängig ist.

---

*) Le péché de M. Antoine.

An den oberflächlichen Stellen des menschlichen Körpers beträgt die Wärme durchschnittlich vierunddreißig bis fünfunddreißig Grad des hunderttheiligen Thermometers, während sie in den inneren Theilen, in der Mundhöhle zum Beispiel, bei Wind und Wetter, im Winter wie im Sommer auf siebenunddreißig Grad steigt. Wenn man das Mittel aus einer hinlänglich großen Anzahl von Beobachtungen nimmt, dann ist die Wärme im Mastdarm durchschnittlich 37,°2 (Jürgensen). Dieses Mittel behauptet sich trotz Nahrung und Hunger, trotz Ruhe und Bewegung, und auch bei sehr verschiedenen Wärmegraden der Umgebung*). Die Wärme von Menschen und Thieren verändert sich innerhalb so enger Grenzen, daß sich der Eindruck des Himmelstrichs nur sehr wenig geltend macht. In Westindien ist die Wärme nach John Davy's zahlreichen Messungen durchschnittlich um etwas mehr als einen halben Grad höher als in England.

Spätere Beobachtungen, bei denen der Uebergang aus einem Klima in ein anderes mit den heutigen Verkehrsmitteln rascher erzielt ward, als es für Davy im Jahre 1816 möglich war, haben einen größeren Unterschied ergeben. So fand Brown-Séquard

*) Jürgensen, Die Körperwärme des gesunden Menschen. Leipzig, 1873, S. 9—11.

im Jahre 1854 bei acht Personen die Wärme der Mundhöhle unter der Zunge am 10. Februar bei Nantes, während die äussere Luftwärme 8° betrug, durchschnittlich gleich 36°,6 und am 5. März unter dem Gleicher, bei 29°,5 Luftwärme gleich 37°,9. Dies ergiebt in 23 Tagen, für eine Vermehrung von 21°,5 in der Luftwärme, eine Zunahme der Körperwärme um 1°,3. Dagegen fanden Eydoux und Soulevet, im Mastdarm messend, den Unterschied in der Körperwärme nur gleich Einem Grade, bei Seemännern, die vom Kap Horn bei einer Luftwärme von 0° zu einer um 40° höheren in der Nähe von Calcutta übergegangen waren*). Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß die Körperwärme im Mastdarm viel sicherer gemessen wird, als in der Mundhöhle, und als zuverlässigste Zahl ergiebt sich daher für eine Schwankung der Luftwärme um 40° eine Veränderung der Körperwärme um Einen Grad, der hier, wie überall in diesem Buch, sich auf den hunderttheiligen Wärmemesser bezieht.

Um etwas mehr noch, d. h. um 1,2 bis 1,4° können die einzelnen Beobachtungen bei gesunden Männern an Ruhetagen von einander abweichen; eine

*) Brown-Séquard, in seinem Journal de la physiologie des hommes et des animaux. Paris 1859, tome II. p. 549 — 552.

Schwankung von 36,5° bis nahezu 38° wurde von Jürgensen bei Messungen im Mastdarm beobachtet. Wunderlich, der sich durch die allgemeine Ein- und Durchführung der Wärmemessung um die leidende Menschheit ein unsterbliches Verdienst erworben hat, erkennt ein Schwanken von 36,25° bis 37,5° in der Achselhöhle als innerhalb der Breite der Gesundheit liegend *). Siebenunddreißig Grad ist das Mittel für die wohlgeschlossene Achselhöhle.

Da nun die inneren Theile unseres Körpers, auch wenn es draußen friert, wenn wir nur in Bewegung bleiben, etwas über siebenunddreißig Grad Wärme besitzen, so ist es klar, daß wir Wärme erzeugen. Es fragt sich wie?

Wer den Grund der Bildung und des Zerfallens der Gewebe kennt, ist dadurch mit der Hauptquelle der thierischen Wärme vertraut. Eiweiß verwandelt sich in den Stoff der leimgebenden Gewebe und der Horngebilde durch Aufnahme von Sauerstoff. Eiweiß, leimgebende Gewebe und Horngebilde nehmen wiederum Sauerstoff auf, indem sie sich umbilden in Käseweiß **) und Hornglanz ***), in Fleischstoff und Fleischbasis, in

*) Wunderlich, Das Verhalten der Eigenwärme in Krankheiten. Leipzig 1868, S. 3.

**) Leucin.

***) Tyrosin.

Harnoxydul*) und Harnsäure. Durch Verbindung mit Sauerstoff zerfallen alle diese Stoffe in Harnstoff, in Ammoniak und Kohlensäure, die Fette in Kohlensäure und Wasser.

Harnstoff, Kohlensäure und Wasser sind die Enderzeugnisse des thierischen Lebens, sie sind die höchsten Verbrennungsstufen, welche der Stoff ersteigt, nachdem er die Gewebe gebildet hat. Aber die Gewebebildung aus dem Blut ist selbst, soweit sich die eiweißartigen Körper daran betheiligen, als eine Verbrennung zu betrachten.

Also Knochen und Knorpel, Muskeln und Häute gehen ebenso wie der Harn und die ausgeathmete Kohlensäure aus einer Verbrennung im Thierkörper hervor. Nachdem man so viele Verbrennungsvorgänge im Körper erkannt hatte, lag es gewiß sehr nahe, die ganze Wärme, die im Thiere entwickelt wird, auf Rechnung der Verbrennung zu schreiben.

Um zu entscheiden, ob wirklich die ganze Wärme, welche von Thieren erzeugt wird, der Verbrennung ihren Ursprung verdankt, war eine Rechnung nöthig. Man kannte die Wärme, die frei wird, wenn ein gegebenes Gewicht von Kohlenstoff oder Wasserstoff verbrennt. Es ließ sich ferner die Menge der Kohlensäure bestimmen, die ein Thier in einer gegebenen

*) Hypoxanthin.

Zeit ausathmet, mit Hülfe einer Muthmaßung die Menge des Wasserstoffs, die es zu Wasser verbrennt, und die Wärme, die es einem andern Körper, zum Beispiel dasselbe umgebendem Wasser, während dieser Zeit mittheilt. Ist nun die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure und des voraussetzlich zu Wasserstoff verbrannten Wasserstoffs groß genug, um bei der bekannten Verbrennungswärme des Kohlenstoffs und Wasserstoffs die in einem gegebenen Zeitraum entwickelte Wärme des Thiers zu erklären, so schloß man weiter, dann wird diese ausschließlich von der Verbrennung herrühren.

Der Grundfehler, der bei dieser Rechnung von zwei berühmten französischen Forschern, von Dulong und Despretz, gemacht wurde, ist der, daß sie sich dachten, der Kohlenstoff der Speisen verbrenne im Thierkörper als Kohlenstoff, der Wasserstoff als freier Wasserstoff, und es müsse dabei ebensoviel Wärme entwickelt werden, als wenn die betreffenden Grundstoffe in der Luft oder im Sauerstoff unmittelbar verbrannt worden wären. Es ist aber nicht Kohlenstoff oder Wasserstoff, was in unserm Körper und in dem der Thiere verbrennt, sondern es sind sehr zusammengesetzte Verbindungen des Kohlenstoffs und Wasserstoffs, die immer Sauerstoff und oft auch noch Stickstoff enthalten. Je reicher nun eine solche Verbindung von vornherein an Sauerstoff ist, desto weniger Sauer-

stoff braucht sie aufzunehmen, um zu Kohlensäure und Wasser zu verbrennen. Kohlensäure und Wasser können von Eiweiß, von Fett, von Zucker herstammen. Von welchem Stoff die ausgeathmete Kohlensäure in dem gegebenen Falle wirklich herzuleiten ist, wissen wir nicht. Es ist erwiesen, daß neben Kohlensäure vor allem auch Wasser, daß ferner Harnstoff und andere unvollkommen verbrannte Stoffe aus der Verbrennung der eiweißartigen Körper hervorgingen. Deshalb können wir, selbst wenn wir den Sauerstoff gewogen haben, den ein Thier bei seiner Athmung verzehrt, niemals bestimmen, wie viel von diesem Sauerstoff zur Erzeugung der Kohlensäure im Thierkörper wirklich verbraucht wurde, wie viel von dem in der Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff schon vorher den organischen Verbindungen des Körpers gehörte. Keine Rechnung kann bis heute ergründen, wie viel Wärme jene Kohlensäure bei ihrer Entstehung wirklich freigemacht hat.

Wenn ein Gewebebildner gänzlich zerlegt ist in Harnstoff, in Kohlensäure und Wasser, dann ist die Sauerstoffaufnahme, welche den Zerfall bedingte, offenbar verschieden je nach der Menge des Sauerstoffs, die der Bestandtheil des Gewebes schon vorher enthielt. Die leimgebende Grundlage der Knochen braucht hierzu weniger Sauerstoff als Eiweiß, weil der organische Bestandtheil der Knochen mehr Sauerstoff besitzt

als die eiweißartigen Körper. Folglich ist die Wärmeentwicklung verschieden, welche gleiche Gewichte von Kohlensäure voraussetzen, je nachdem dieses Erzeugniß der Verbrennung auf Leim oder auf Eiweiß zurückgeführt werden muß.

In der Kohlensäure, die wir ausathmen, ist nicht bloß von außen zugeführter, nicht bloß eingeathmeter Sauerstoff enthalten, sondern auch ein Theil des Sauerstoffs, der im Zucker, im Eiweiß, im Fett schon vor der Verbrennung vorhanden war. Dieser letztere Sauerstoff hat im Körper keine Wärme erzeugt. Wir können im einzelnen Fall seine Menge nicht bestimmen, und darum entfällt jeder Maaßstab der Rechnung unseren unsicheren Händen.

Wir wissen sogar, daß zusammengesetzte organische Körper, die keinen Sauerstoff enthalten, bei ihrer Verbrennung weniger Wärme entwickeln, als der Verbrennungswärme ihres Kohlenstoffs und Wasserstoffs entspricht. So fand man es für Sumpfgas, für Terpentinöl und Citronenöl, die alle keinen Sauerstoff enthalten (Favre und Silbermann).

In 100 Theilen Terpentinöl*) sind nämlich
88,235 Kohlenstoff
und 11,765 Wasserstoff

*) Terpentinöl : C_{10} H_{16}.

enthalten. Wir wissen nun durch die Versuche von Favre und Silbermann, daß wenn ein Gewichtstheil Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt so viel Wärme erzeugt wird, daß dadurch 8080 Gewichtseinheiten Wasser in ihrer Wärme um 1° erhöht werden könnten, und da man als Wärmeeinheit die Wärmemenge bezeichnet, welche die Gewichtseinheit des Wassers um Einen Grad in ihrer Wärme erhöht, so sagt man auch kurzweg, die Verbrennungswärme der Gewichtseinheit Kohlenstoff betrage 8080 Wärmeeinheiten. In dem gleichen Sinne ist die Verbrennungswärme der Gewichtseinheit Wasserstoff, die zu Wasser verbrennt, gleich 34462 Wärmeeinheiten. Die Verbrennungswärme des Wasserstoffs ist also 4,26 (reichlich $4\frac{1}{4}$) mal so groß, wie die des Kohlenstoffs. Wollte man nun, wie man das früher vielfach zu thun schien, ohne daß eine wirkliche Ueberzeugung dabei waltete, annehmen, daß in der Gewichtseinheit Terpentinöl

0,88235 Kohlenstoff
und 0,11765 Wasserstoff

neben einander lagerten, dann hätte man, um die Verbrennungswärme der Gewichtseinheit Terpentinöl zu berechnen, nur den für den Kohlenstoff gefundenen Bruchtheil mit der Verbrennungswärme des Kohlenstoffs und die Menge des Wasserstoffs mit der Verbren-

nungswärme dieses Grundstoffs zu vervielfachen und die beiden erhaltenen Werthe zusammenzuzählen:

$$0{,}88235 \times 8080 = 7129$$
$$0{,}11765 \times 34462 = 4054$$
$$\overline{11183},$$

und man hätte damit berechnet, daß die Verbrennungswärme der Gewichtseinheit Terpentinöl 11183 Wärmeeinheiten liefert. Es haben aber Favre und Silbermann, wie sie es früher für Kohlenstoff und Wasserstoff gethan, die Verbrennungswärme des Terpentinöls durch den Versuch bestimmt und auf diesem Wege einen erheblich geringeren Werth (10852) als durch die Rechnung gefunden. Wie ist dieser Unterschied zu erklären?

Offenbar dadurch, daß eben jene stillschweigend vorausgesetzte, aber keineswegs zugegebene Annahme einer einfachen Nebeneinanderlagerung der Grundstoffe nicht gerechtfertigt war. Wir müssen vielmehr annehmen, daß die Kohlen- und Wasserstofftheilchen, welche das Terpentinöl zusammensetzen, so innig mit einander verbunden sind, daß sie, um verbrennen zu können, erst gewaltsam auseinander gerissen werden müssen. Die dazu nöthige Kraft ist gewissermaaßen als ein Hinderniß zu betrachten, welche die Wärme erzeugende bei der Verbrennung überwinden muß. Der Verbindung

mit Sauerstoff muß erst eine Trennung vorangehen, und wie jene Wärme frei macht, so wird durch diese Wärme gebunden. Wie viel Wärme aber zu dem Auseinanderreißen der Kohlen- und Wasserstoffatome verwandt werden muß, wie viel Wärme dadurch gebunden wird und nicht als Verbrennungswärme erscheinen kann, davon giebt uns eben der Unterschied zwischen dem berechneten und wirklich gefundenen Werth für die Verbrennungswärme des Terpentinöls eine annähernde Vorstellung. Erschöpfend ist sie nicht, weil außer jener Trennungsarbeit, die Verflüchtigung des tropfbar flüssigen Terpentinöls zu gasförmiger Kohlensäure und Wasserdampf Wärme bindet. Es muß also aus einem doppelten Grunde die beobachtete Verbrennungswärme zurückbleiben hinter derjenigen, die man aus der im Terpentinöl vorhandenen Kohlen- und Wasserstoffmenge berechnet.

Nicht minder kurzsichtig war die Annahme, daß in Stärkmehl, Zucker und verwandten Verbindungen, weil sie Wasserstoff und Sauerstoff in demselben Verhältnisse enthalten, in welchem diese mit einander Wasser bilden, nur der Kohlenstoff zu würdigen sei, um die Verbrennungswärme richtig zu berechnen. Nach der obigen Auseinandersetzung für das Terpentinöl sollte man erwarten, daß auch hier die berechnete Zahl der Wärmeeinheiten kleiner wäre als die durch unmittel-

bare Beobachtung gefundene, da auch in diesen Fällen Grundstoffe oder Verbindungen solcher auseinander gerissen und feste Stoffe verflüchtigt werden müssen. Allein das Gegentheil ist der Fall. Wenn man auf die angedeutete Weise die Verbrennungswärme des krystallisirten Traubenzuckers berechnet, erhält man 2938 Wärmeeinheiten; als dagegen Frankland sie aus der Wärme, die eine Gewichtseinheit Traubenzucker bei ihrer Verbrennung einer gegebenen Menge Wasser mittheilt, durch Beobachtung ermittelte, fand er die Zahl 3277, also ein Mehr von 339 Wärmeeinheiten.

Die Annahme, daß es sich bei der Verbrennung des Traubenzuckers um die Verbrennung seines Kohlenstoffs zu Kohlensäure handle, und daß sein Wasserstoff schon mit Sauerstoff zu Wasser verbunden sei, ist also nicht haltbar. Um von der dieser Annahme widersprechenden, erheblich höheren Verbrennungswärme des Traubenzuckers Rechenschaft zu geben, müssen wir annehmen, daß ein Theil des Wasserstoffs im Zucker nicht mit Sauerstoff zu Wasser verbunden ist, sondern erst bei der Verbrennung diese Verbindung eingeht, welche ja für die Gewichtseinheit $4^1/_4$ mal so viel Wärme liefert, wie die Verbrennung des Kohlenstoffs zu Kohlensäure. Die Verbrennungswärme des Traubenzuckers genügt also, um den Sprachgebrauch der

Chemiker zu widerlegen, wenn sie gegen ihre eigene Ueberzeugung von Kohlehydraten sprechen.

Aus der Menge von Kohlensäure und Wasser, welche Thiere liefern, glaubten Dulong und Despretz sieben bis neun Zehntel der erzeugten Wärme erklären zu können. Es folgt aus dem Obigen, daß dieses Ergebniß der Rechnung nicht zuverlässig sein kann, weil die Grundlage ihrer Rechnung verfehlt war. Sie konnten und auch wir können heute nicht entscheiden, wie viel von dem Sauerstoff, den unsere organischen, Nahrungsstoffe enthalten, von vornherein mit dem Kohlenstoff, wie viel davon mit dem Wasserstoff in näherer Verbindung steht.

Sauerstoff trifft im menschlichen Körper mit gar verschiedenen Stoffen zusammen. Den Alkohol verbrennt er zu Aldehyd und Wasser, das Aldehyd zu Essigsäure, die Essigsäure nachher zu Kleesäure und Wasser, die Kleesäure zu Kohlensäure. Das Ammoniak verbrennt er zu Salpetersäure, die Harnsäure zu Kohlensäure und Harnstoff. Wie kann man also glauben, daß die hervorgebrachte Wärme erkannt wird in derjenigen, welche man erhalten würde, wenn man eine der ausgemittelten Kohlensäure und dem verschwundenen Sauerstoff entsprechende Menge Sauerstoffgas durch Verbrennung von Kohlenstoff und Wasserstoff in denselben in ebensoviel Kohlensäure und Wasser über-

geführt hätte? Ich frage, wie kann man es, nachdem es feststeht, daß eben jener verschwundene Sauerstoff nur zum Theil in der ausgeschiedenen Kohlensäure und im ausgehauchten Wasser vorhanden ist, während wir nicht wissen, in welchem Verhältniß der in den organischen Verbindungen schon enthaltene, in welchem Verhältniß der neu hinzugekommene Sauerstoff sich an ihren Kohlenstoff und Wasserstoff vertheilt?

Eine unvergängliche geschichtliche Bedeutung gebührt den Versuchen von Dulong und Despretz nur deshalb, weil sie gelehrt haben, daß weitaus die größere Hälfte der vom Thier entwickelten Wärme als Verbrennungswärme betrachtet werden darf. Wenn man mehr aus denselben folgert, wenn man alle Eigenwärme des Thierkörpers der Verbrennung zuschreibt, dann verstümmelt man die ewige Sprache der Versuche und verschüttet den Weg der Forschung gerade da, wo der in richtigen Grenzen anerkannte Versuch neue Geheimnisse zu entschleiern versprach.

Also wohl zum weitaus größten Theile, aber nicht ganz ausschließlich dürfen wir in der vom thierischen Körper erzeugten Wärme Verbrennungswärme sehen. Der Antheil, welcher der Verbrennungswärme gehört, hat indeß die Naturforscher auf die rechte Spur geleitet. Wir suchen die Wärmequelle des Körpers nicht mehr in einer geheimsinnigen Nervenwirkung, mit der

sich gar keine bestimmte Vorstellung verbinden läßt. Wir wissen, daß die Nerven nur auf die Vertheilung der Wärme ihren Einfluß üben, indem von ihnen die größere oder geringere Weite der Blutgefäße und damit der größere oder geringere Zufluß von Blut zu den Körpertheilen abhängt. Neben der Verbrennung sind aber andere chemische Vorgänge thätig, die, weil sie beständig im Flusse sind, einen nichts weniger als unerheblichen Beitrag liefern.

So oft sich eine Basis mit einer Säure verbindet, wird nach den schönen Untersuchungen von Andrews Wärme frei. Die Menge der entwickelten Wärme hängt dabei von der Art der Basis, nicht von der Art der Säure ab. Nur dann, wenn ein Salz eine Säure enthält, welche die Basis nicht vollkommen sättigt, wenn also die Basis im Salze vorherrscht, dann wird auf's Neue Wärme frei, falls man die schwächere Säure durch eine stärkere, die Basis vollkommen sättigende vertreibt. In diesem Fall äußert also auch die Art der Säure einen Einfluß.

Kohlensaures Natron ist ein Salz des Thierkörpers, in welchem die Basis vorherrscht. Das Salz ist durch eine basische oder alkalische Beschaffenheit ausgezeichnet, weil die Kohlensäure das Natron nicht vollkommen sättigt. Wird nun die Kohlensäure aus dem Salze verjagt durch Milchsäure, Harnsäure oder Fleisch

säure *), kurz durch irgend eine stärkere Säure, dann wird auf's Neue Wärme frei. Man könnte für die Kohlensäure den Zweifel erheben, ob sie als flüchtige Säure, wenn sie aus dem Natronsalze ausgetrieben wird, nicht Wärme bände, eben weil sie in den flüchtigen Zustand überginge. Die Wärme, die hierbei gebunden würde, wäre möglicher Weise gleich groß oder gar größer als die, welche frei wird durch die Verbindung der stärkeren Säure mit dem Natron. Allein man darf nicht vergessen, daß jene Zersetzung nicht an der Luft, sondern in Flüssigkeiten des Körpers vor sich geht. Die Kohlensäure kann also nicht flüchtig entweichen, sie wird vielmehr vom Wasser verschluckt. Wenn aber Wasser Kohlensäure verschluckt, dann nimmt es einen höheren Wärmegrad an (Henry). Die Zerlegung von kohlensaurem Natron durch Milchsäure, Harnsäure, Fleischsäure oder durch die Schwefelsäure, welche aus der Verbrennung des Schwefels eiweißartiger Körper hervorgeht, ist demnach eine wesentliche Quelle von Wärme. Weil dann ferner alle organischen Gewebebildner, stickstoffhaltige und stickstofffreie, auf der Endstufe ihrer Verbrennung Kohlensäure liefern, und diese Kohlensäure wenigstens zu einem großen Theile von den Flüssigkeiten des Kör-

*) Inosinsäure.

pers verschluckt wird, so ist auch diese Gelegenheit zur Wärmebildung häufig gegeben.

In ähnlicher Weise wird Wärme frei bei der Umwandlung eines gewöhnlichen Mittelsalzes in ein basisches Salz, das heißt in ein solches, in welchem die Basis nicht bloß den Eigenschaften, sondern auch der Menge nach über die Säure vorherrscht. Ein solches Salz ist das gewöhnliche phosphorsaure Natron. Dasselbe enthält im Vergleich zur kräftigen Phosphorsäure so viel Natron, daß dieses der Verbindung sein Gepräge aufdrückt, während im kohlensauren Natron die Menge der schwachen Kohlensäure überwiegen kann, und dennoch das kräftige Alkali sich in der basischen Beschaffenheit des Salzes verräth.

Phosphorsäure, die man früher aus dem Phosphor eiweißartiger Körper ableiten wollte, scheint nur aus dem Dotterfett*) und vielleicht aus Verbindungen desselben**) herzustammen. Das Dotterfett zerfällt, wenn es mit Barytwasser gekocht wird, in Fettsäuren, unter welchen nach Strecker Oelsäure, Perlmutterfettsäure oder Talgsäure, oder auch zwei derselben auftreten, in einen alkalischen Körper***) und Phosphorglycerinsäure. Wenn das Dotterfett im Körper

*) Lecithin.

**) Protagon.

***) Cholin oder Neurin.

zerfällt, muß schließlich Phosphorsäure den kohlensauren Salzen zur Verfügung kommen. So entstehen phosphorsaures Natron, phosphorsaures Kali, phosphorsaurer Kalk, in denen Natrium, Kalium, Calcium überwiegen. Bei der Bildung dieser basischen Salze wird Wärme entwickelt.

Eiweißartige Stoffe, die Schwefel enthalten, verbrennen im Thierleib. Ihr Schwefel wird in Schwefelsäure übergeführt. Die neu entstandene Säure verbindet sich mit Alkalien, die sie in kohlensauren Salzen vorfindet.

Aus allen diesen Erörterungen geht hervor, daß die Bedeutung der Verbrennungswärme nicht aufgeht in der Bildung von Kohlensäure und Wasser, ebenso wenig als sich alle chemischen Vorgänge, bei denen Wärme entwickelt wird, auf Verbrennung zurückführen lassen.

An die Bildung von Salzen, in denen Alkalimetalle die Stelle von einem oder mehr Atomen Wasserstoff vertreten, läßt sich die Vereinigung verschiedener organischer Stoffe zu mehr zusammengesetzten Gruppen anschließen.

Wenn sich Benzoesäure mit Leimzucker zu Pferdeharnsäure, wenn sich Cholalsäure mit Leimzucker zu schwefelfreier, mit Taurin zu geschwefelter Gallensäure

verbindet, wenn wir im rothen Blutkörperchenstoff eine Verbindung von Blutfarbstoff mit einem eiweißartigen Körper sehen, wenn Fettsäuren an die Stelle von drei Atomen Wasserstoff in Oelsüß treten, so handelt es sich in allen diesen Fällen um eine Vereinigung von Stoffen, die ebenso wie die Salzbildung eine Entwicklung von Wärme voraussetzt.

Nur ist dabei zu bedenken, woher die Stoffe kommen, die mit einander Verbindungen eingehen, bevor man sich darüber entscheiden kann, ob die bezeichnete Entwicklung einen reinen oder zweifelhaften Gewinn an Wärme mit sich bringt.

Wenn zum Beispiel im Dünndarm durch die Einwirkung des Bauchspeichels die Fette in Fettsäuren und Oelsüß zerfallen, so wird bei dieser Spaltung ebenso viel Wärme gebunden, wie bei dem Aufbau der Fette aus Fettsäure und Oelsüß entwickelt ward. Dazu kommt, daß im letzteren Falle Wasser abgespalten, im ersteren Wasser aufgenommen wird, so daß auch hier, wie als Regel bei der Verbrennung, beide Vorgänge aus zwei für die Wärmebildung in entgegengesetztem Sinne wirksamen Theilen bestehen.

In den Verdauungswegen kommt öfters eine Aufnahme von Wasser vor, die als Wärmequelle aufzuführen ist; zunächst bei der Umwandlung von Stärkegummi in Zucker, ferner aber, wenn die Gallensäuren

im Darmkanal in Cholalsäure und Leimzucker oder Taurin zerfallen.

Unter diesen Stoffen scheint der Leimzucker sogleich wieder ins Blut zurückzukehren, da es bisher nicht gelang, ihn im Darminhalt oder im Darmkoth nachzuweisen. Und da nach Versuchen von Schultzen und Nencki Leimzucker, der Hunden mit dem Futter beigebracht wird, als Harnstoff im Harn erscheint, so verdient dieser Stoff, daß wir seiner Umwandlung etwas näher nachgehen. Die zuletzt genannten Forscher haben mit Recht hervorgehoben, daß ein Theilchen Harnstoff zwei Atome Stickstoff enthält, während im Leimzucker dieser Grundstoff nur durch Ein Atom vertreten ist. Es müssen also zwei Theilchen Leimzucker sich mit einander verbinden, um den für Harnstoff nöthigen Stickstoff zu liefern, und wenn hiernach die Umsetzung des Leimzuckers einerseits eine thätige Verbrennung voraussetzt, so geht sie andererseits in erster Linie mit einer Verbindung Hand in Hand, welche wie die Verbrennung Wärme entwickelt.*) Daß die Verbindung des Stickstoffs mit anderen Grundstoffen eine ergiebige Wärmequelle ist, folgt aus den

*) Der zusammengesetzte Vorgang läßt sich durch folgende Gleichung andeuten:

Leimzucker (Glycin) Sauerstoff Harnstoff Kohlensäure Wasser

$$2\,C_2\,H_5\,NO_2 + 6\,O = CH_4\,N_2\,O + 3\,CO_2 + 3\,H_2\,O$$

Bestimmungen von Favre und Silbermann, nach welchen eine Gewichtseinheit Stickstoff, die sich mit Wasserstoff zu Ammoniak verbindet, nicht weniger als 7576 Wärmeeinheiten liefert.

Benetzung fester Formbestandtheile, Tränkung der Gewebe mit Wasser, mit wässerigen Lösungen, ist einer der stetigsten Vorgänge im Körper. Während durch die äußeren Häute des Auges Wasser verdunstet, wird unablässig von den inneren Theilen des Auges her Wasser aus dem Blut bezogen. Dieses Wasser gelangt auch in die äußeren Häute, in die durchsichtige und die undurchsichtige Hornhaut. Ja, die Durchsichtigkeit, welche den vorderen Abschnitt der äußeren Augenhaut*) von dem hinteren größeren**) unterscheidet, ist sogar vorzugsweise bedingt durch den Unterschied im Wassergehalt jener beiden Häute (Chevreul).

Jede Benetzung ist aber von einer Wärmeentwicklung begleitet. Der Theil, der sich benetzt, verdichtet das Wasser in seinen kleinsten Hohlräumen. Bei der Verdichtung wird Wärme frei (Pouillet und Regnault).

Jede Verbindung und jede Verdichtung, die im Körper vor sich geht, ist zugleich eine Quelle von Wärme.

Ebenso nun wie wir die eigene Wärme des thie-

*) Cornea.
**) Sclerotica.

rischen Körpers auf stoffliche Vorgänge zurückzuführen vermögen, so ist es auch mit der Pflanze gestellt. Auch die Pflanzen haben ihre Eigenwärme, die nur in der Regel der Beobachtung entgeht, weil die Pflanzen durch Verdunstung und durch Ausstrahlung von ihrer großen Oberfläche so viel Wärme verlieren. Und dennoch läßt sie sich im Winter oft genug ohne alle künstliche Hülfsmittel wahrnehmen, wenn man beachtet, wie rings um die Bäume der Schnee am ersten wegschmilzt, rascher als um steinerne Pfeiler, die doch bessere Wärmeleiter sind als das Holz der Baumstämme.

Wie die Verbrennung, so ist auch die Wärmebildung in der Pflanze am leichtesten an keimenden Samen oder in Blüthen zur Befruchtungszeit wahrzunehmen. Am berühmtesten sind in dieser Beziehung die Blüthenkolben der Aroideen geworden, deren Wärme nach Dutrochet die der äußeren Luft um 11 bis 12 Grad übertreffen kann. Der Zusammenhang zwischen dieser erhöhten Wärme und dem Athmen der Pflanze wurde von Vrolik und de Vriese an der Blüthe von Colocasia odora erwiesen. Während sie nämlich die Zunahme der Wärme beobachten konnten, so lange sich die Blüthe in Sauerstoff befand, hörte die Wärmeentwicklung auf, als sie dieselbe in Kohlensäure brachten.

Von allen Vorgängen, die wir oben als Quellen thierischer Wärme kennen lernten, fehlt der Pflanze keiner ganz. Auch in der Pflanze geht eine Verbrennung vor sich, als deren Endglied die Kohlensäure auftritt. Säuren verbinden sich mit Basen, Mittelsalze verwandeln sich in basische, Kohlensäure wird verschluckt, Wasser, das durch die Wurzel aufsteigt, verdichtet.

Zu den aufgeführten Wärmequellen gesellt sich aber in der Pflanze noch eine sehr wichtige, die Verdichtung von Kohlenstoff und Wasserstoff. Es ist Jedermann bekannt, daß Wärme frei wird, wenn sich Wasserdampf in tropfbar flüssiges Wasser, wenn ferner Wasser sich in Eis verwandelt. Die Kohlensäure der Luft ist nur deshalb die Hauptnahrung der Pflanzen, weil ihr Kohlenstoff in die Mischung der allgemein verbreiteten Pflanzenbestandtheile eingeht, weil er festgelegt wird in Zellstoff und Kork, in Zucker und Holzstoffen, in Stärkmehl und Wachs. Bei dieser Festlegung ereignet sich die Verdichtung eines luftförmigen Körpers. Gasförmige Kohlensäure und tropfbar flüssiges Wasser verdichten sich zu Stärkmehl und Zellstoff, und mit dieser Verdichtung Hand in Hand geht die Verbindung eines Körpers, der sauerstoffärmer ist als Kohlensäure, mit einem anderen, der weniger Sauerstoff enthalten muß als Wasser.

Auf ein Freiwerden von Wärme bei der Verdichtung eines Grundstoffs, dessen Atome sich mit einander verbinden, läßt sich aus der Thatsache schließen, daß der Diamant bei seiner Verbrennung 285 Wärmeeinheiten weniger liefert als gewöhnliche Kohle (Favre und Silbermann). Die entsprechende Wärmemenge war bei der Verdichtung der Kohle, indem sie zum Diamanten krystallisirte, freigeworden; sie wird bei der Verbrennung des Diamanten, beim Lockern der Atome aus ihrer Verbindung wieder gebunden.

Aber auch an einem unmittelbar beweisenden Beispiel läßt es uns die Chemie nicht fehlen. Wenn man die Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff, welche unter dem Namen Cyan bekannt ist und mit Wasserstoff Blausäure bildet, stark und lange Zeit erwärmt, nach Berthelot bis nahezu 400°, dann erleidet sie eine Verdichtung. Das bei gewöhnlicher Wärme und gewöhnlichem Luftdruck gasförmige Cyan verwandelt sich hierbei in einen braunen, pulverförmigen Körper, der Stickstoff und Kohlenstoff in demselben Verhältniß enthält, wie Cyan, nur dichter zusammengedrängt, so daß in einem kleinsten Theilchen dieses Körpers dreimal so viel Stickstoff und dreimal so viel Kohlenstoff enthalten sind wie in dem Cyan. Der dichtere Körper wird, um ihn vom Cyan zu unterscheiden, Paracyan genannt. Bei seiner Entstehung

aus Cyansilber wird so viel Wärme frei, daß seine Verbindung mit dem Silber, das Paracyansilber, glühend wird. Ganz ähnlich nun wie der dichtere Diamant bei seiner Verbrennung weniger Wärme entwickelt als gewöhnliche Kohle, liefert auch das dichtere Paracyan eine geringere Verbrennungswärme als Cyan. Durch starkes Glühen kann Paracyan in Cyan zurückverwandelt werden, mit anderen Worten, es ist eine gewisse Wärme, also Arbeit nöthig, um den Zusammenhang der Atome im dichteren Paracyan so weit zu lockern, daß Cyan daraus hervorgeht, und bei der Verdichtung des Cyans zu Paracyan wird Wärme frei.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, diese Verdichtung ist in der Pflanze als Wärmequelle viel bedeutender, als die Verbrennung. Sie erzeugt die Hauptwärme der Pflanze, wie die Verbrennung die des Thiers. Und sie erlangt durch diesen Vergleich eine ganz besondere Wichtigkeit, weil das treibende Leben der Pflanze auf dem Gegentheil der Verbrennung, auf der Sauerstoffverarmung beruht, um derentwillen die Pflanzen als wahre Vorrathskammern von Brennstoff und Spannkraft angesehen werden müssen.

Wärme ist also überall eine Folge des Lebens, in Pflanzen und Thieren. Sie ist eine Folge gerade der Thätigkeit, welche die unerläßliche Triebfeder für alles

organische Leben ist. Wärme ist eine Folge und ein Ausdruck des Stoffwechsels.

Bei der allerdings unberechenbaren Wichtigkeit, die wir somit der Eigenwärme beilegen müssen, ist es wenig zu verwundern, daß auch hier die Neigung auftaucht, jede große Bewegung in den Vorgängen des Lebens in die für kurzsichtige Augen gesteckten Grenzen einer Zweckbestimmung einzupferchen. Es gehört ganz in diesen Kreis einer Anschauung, welche die Dinge nicht um ihrer selbst willen betrachtet, nicht aus sich selbst zu erklären sucht, daß man den thierischen Körper als einen Wärmeerzeuger, den pflanzlichen nur als eine Brennstoffkammer betrachten wollte.

Entsprechend der Eintheilung in Athemmittel und Nährmittel hatte Liebig die Gruppen der Wärme erzeugenden und der Gewebe bildenden Nahrungsstoffe aufgestellt. Der Irrthum rührte daher, daß die ausgehauchte Kohlensäure und das ausgeschiedene Wasser immer nur mit den Fetten und Fettbildnern in Zusammenhang gebracht wurden, während es ausgemacht ist, daß auch die Eiweißkörper neben Harnstoff Kohlensäure und Wasser liefern. Es war einseitig, die erzeugte Wärme ausschließlich zu messen an Kohlensäure und Wasser, die wir entleeren, während dieselbe ebenso durch die Gewebebildung und durch die Erzeugung von Harnstoff gemessen wird. Eiweiß kann sich

nicht in den Knochenleim gebenden Stoff, und dieser nicht in Harnstoff verwandeln, ohne daß Wärme frei wird. Wie viel Eiweiß aber im Körper umgesetzt worden, kann man annähernd aus der Menge des ausgeschiedenen Harnstoffs erfahren, nicht entfernt dagegen aus der Kohlensäure und dem Wasser ableiten, die im Körper gebildet werden.

Man kann es nicht oft genug wiederholen: nicht die Menge des Sauerstoffs, die wir einathmen, nicht die Menge der Kohlensäure und des Wassers, die wir ausathmen, ist ein erschöpfendes Maaß der Wärmequelle im Thierkörper. Verbrauchter Sauerstoff und erzeugte Kohlensäure entsprechen sehr verschiedenen Wärmemengen, je nachdem es Zucker war oder Fett, Eiweiß oder Knochenleim, die mit dem Sauerstoff Kohlensäure und Wasser bildeten. Nur dann würde zwischen der Menge der im Thierleib erzeugten Wärme und derjenigen des von ihm verzehrten Sauerstoffs oder der ausgeschiedenen Kohlensäure Ebenmaaß herrschen, wenn das Thier immer nur ein und denselben organischen Nahrungsstoff zu sich nähme, wobei es dann in der That gleichgültig wäre, was für Zwischenstufen dieser bei seiner Umsetzung durchliefe, wenn nur immer dieselben Endprodukte aus seiner Verbrennung hervorgingen.

So lange man sich mit Rechnungen und Vermuthungen, die auf die Zusammensetzung der orga-

nischen Nahrungsstoffe gegründet waren, begnügen mußte, war es möglich, die hier behandelte Frage in dem Sinne zu beantworten, daß man den eiweißartigen Körpern bei der Wärmebildung eine untergeordnete Rolle zuschrieb. Jetzt, da wir Frankland's unmittelbare Bestimmungen der Verbrennungswärme für die Hauptvertreter unserer organischen Nahrungsstoffe besitzen, wissen wir, daß eine Gewichtseinheit Eiweiß bei ihrer Verbrennung zwar weniger Wärmeeinheiten liefert als Fett, dagegen mehr als Zucker. Die Verbrennungswärme des Traubenzuckers verhält sich nämlich zu der des Eiweißes wie 2 : 3, die des Eiweißes zum Fett wie 3 : 5,5. Nachdem wir diese Zahlen kennen, kann es Niemanden mehr wundern, daß durch die Zersetzung des Eiweißes immer auch Wärme erzeugt wird, und daß, wie Voit, einer der vorangeschrittensten und unbefangensten Schüler Liebig's, ausdrücklich hervorhebt, durch die Zersetzung des Eiweißes unter Umständen so viel Wärme erzeugt wird, daß alle Wärme dadurch geliefert werden kann.*)

So ist es denn begreiflich, daß die Wärme der fleischfressenden Thiere derjenigen der Pflanzenfresser

*) Voit, Ueber die Entwicklung der Lehre von der Quelle der Muskelkraft und einiger Theile der Ernährung. München 1870, S. 93, 94.

nicht nachsteht, obgleich jene hauptsächlich von eiweißartigen Stoffen und Fett sich nähren, während die Nahrung der letzteren so überaus große Mengen von stickstofflosen Fettbildnern in der Form von Zellstoff, Stärkmehl und Zucker enthält. In die Zusammensetzung dieser Fettbildner geht im Verhältniß zum Kohlenstoff und Wasserstoff, den sie besitzen, viel mehr Sauerstoff ein als in die Mischung von Eiweiß und Fett. Aber wir wissen auch durch die klassischen Untersuchungen von Dulong, von Despretz, von Regnault und Reiset, daß für ein gleiches Gewicht ausgeathmeter Kohlensäure viel mehr Sauerstoff von Fleischfressern als von Pflanzenfressern verbraucht wird. Sonst würde die Uebereinstimmung im Wärmegrad zwischen Fleisch- und Pflanzenfressern nicht zu begreifen sein. Wenn dem Fett nicht mehr Sauerstoff zu Gebot steht als dem Zucker, wenn beide gleich viel Sauerstoff verbrauchen und gleich viel Kohlensäure liefern, dann erzeugt Zucker mehr Wärme als Fett (Berthelot). Es ist dies wiederum nur dadurch erklärlich, daß bei unvollkommener Verbrennung im Fett eine größere Menge Kohlenstoff mit dem Wasserstoff verbunden bleibt, während im Zucker bei der Verbrennung eine größere Menge Wasserstoff sich mit Sauerstoff verbindet. Wir gelangen so von Neuem zu dem Schluß, daß der Zucker kein Kohlenhydrat

ist, daß nicht aller Wasserstoff schon im Zucker mit Sauerstoff zu Wasser verbunden sein kann. Und so wird die Wärme ein Prüfungsmittel für die Mischung organischer Stoffe, das unter Umständen noch einen Schritt weiter führt als die Wage selbst.

Wenn nun auch die Nahrungsstoffe im Thierkörper in ähnlicher Weise verbrennen wie in einem Ofen, so bleibt doch der Vergleich des Thierkörpers mit einem Ofen, dessen Brennstoffe die Speisen sind, immerhin ein hinkender. Beim Thier verbrennt nach und nach der ganze Körper, der Ofen aber verbrennt nicht. Beim Ofen verbrennt nur der Brennstoff, beim Thier die Speise und die Wand, welche sie umschließt. Die Wärme des Ofens ist kein Maaß für seine Thätigkeit, der Ofen ist ein todter Behälter. Der Stoffwechsel dagegen, der das Leben fristet, in dem das ganze Leben aufgeht, wird zu einem großen Theil durch die Eigenwärme gemessen.

Wärme ist nicht bloß eine Folge, sie ist innerhalb bestimmter Grenzen auch ein Maaß des Lebens.

Bei fastenden Menschen und Thieren ist Stoffwechsel vorhanden, so lange das Leben fortdauert. Denn bis zum Eintreten des Hungertodes wird Sauerstoff aufgenommen, der die Gewebe zu Auswurfsstoffen verbrennt. Es wird Sauerstoff eingewechselt gegen Kohlensäure, Wasser und Harnstoff. Aber nur Sauer-

stoff, keine Nahrung. In Folge dessen stockt die Blutbildung, die Verwandlung des Bluts in Gewebe verzögert sich, und hierdurch wird auch die Rückbildung verlangsamt. Hungernde Menschen athmen weniger Kohlensäure aus, wie sie weniger Harnstoff entleeren. Die Menge des stickstoffhaltigen Harnstoffs, die von einem Fastenden ausgeschieden wird, stimmt überein mit der in gleicher Zeit von einem Menschen gelieferten, der nur stickstofffreie Nahrung zu sich nimmt (Frerichs). Der Stoffwechsel ist verzögert, und da die Wärme eine Folge des Stoffwechsels darstellt, so ist auch diese herabgedrückt. Bei Säugethieren und Vögeln hat die Wärme des Körpers im Augenblick des Hungertodes durchschnittlich um mehr als sechszehn Grad abgenommen (Chossat).

Während eines ruhigen Schlafs bei der Nacht wird weniger ausgeschieden als an einem arbeitsam verlebten Tage. In der Ruhe und um Mitternacht wird dem entsprechend weniger Wärme erzeugt. Der Wärmegrad folgt der Bewegung des Stoffwechsels.

Das Umgekehrte von Hunger und Ruhe sind kräftige Kost und flinke Arbeit. Eine Maus, die wegen ihres kleinen Körpers viel mehr Wärme ausstrahlt als größere Thiere, weil im Vergleich mit großen Thieren die Oberfläche ihres Körpers im Verhältniß zum Körperinhalt größer ist, steht nach den Messungen von Hunter

und Pallas in ihrem Wärmegrad dem Menschen nicht nach, weil sie für gleiches Körpergewicht in gleichen Zeiten ungefähr achtmal soviel Nahrung aufnimmt, als der Mensch. Durch die reichliche Nahrung wird der kleine Körper befähigt, dem Verlust entsprechend, mehr Wärme zu erzeugen.

Der Vergleich von kleinen und großen Thieren kann uns jedoch auf einem anderen Wege darüber belehren, daß man durchaus fehl gehen würde, wenn man aus der Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure auf die Wärmebildung im Körper schließen wollte. Murri erinnert daran, wie es in den Untersuchungen von Lepelletier, von Regnault und Reiset, von Pettenkofer und Voit mehrfach begegnet sei, daß ein größeres Thier, ein Schwein z. B., für gleiches Körpergewicht in gleicher Zeit mehr Kohlensäure ausathmete als ein kleineres, ein Schaaf z. B., und nicht merklich weniger als wälsche Hähne*), während man doch, wenn das dem größeren Wärmeverlust der kleineren Thiere entsprechende Mehr an Wärmebildung nur von verbranntem Kohlenstoff herzuleiten wäre, ein in irgend welchem Maaße umgekehrtes Verhältniß zwischen Körpergröße und ausgehauchter Kohlensäure regelmäßig erwarten sollte.

*) Murri, del potere regolatore della temperatura animale, Firenze 1873, p. 13.

Dagegen verzehren kleinere Thiere entsprechend ihrem größeren Wärmebedürfniß nicht bloß mehr Nahrung, sondern auch mehr Sauerstoff. So wird nach Regnault und Reiset von Grünfinken und Hänflingen sechs bis zehnmal so viel Sauerstoff verzehrt wie von Enten und Hennen in gleicher Zeit für gleiches Körpergewicht.

Anhaltende Bewegung steigert nach Davy die Wärme des Körpers, wie sie nach Vierordt, Lassaigne, nach Gerlach und Smith, die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure erhöht.

Auf zwiefache Weise läßt sich die Zunahme der Körperwärme durch Arbeit darthun: einmal, indem man ihrer unmittelbaren Steigerung messend folgt, bis sie in Folge der Arbeit ihren höchsten Werth erreicht hat, sodann indem man das Mittel aller Messungen an einem Arbeitstag mit einem Ruhetag vergleicht.

Jürgensen, der von verschiedenen Gesichtspunkten ausgehend, beide Wege betreten hat, beobachtete bei einem Manne von 42 Jahren und 60 Kilogramm Körpergewicht die Wärme bei der unmittelbar vorhergehenden Ruhe und fand sie einmal 37,1°, und als der Mann 2¾ Stunden gesägt hatte, war seine Wärme 38,5°, sie war also um 1,4° oder nahezu anderthalb Grad gestiegen.

Von demselben Manne, der in einer fortlaufenden Beobachtungsreihe diesen Unterschied für Arbeit und

Ruhe ergeben hatte, war aber auch durch lange und unter sehr verschiedenen Umständen fortgesetzte Messungen das Tagesmittel der Wärme bekannt, das Jürgensen für den vierundzwanzig Stunden umfassenden Zeitraum beim erwachsenen Menschen als einen überraschend beständigen Werth hat kennen lehren. Dieses Mittel beträgt 37,19°. An den Arbeitstagen war das Mittel einmal 37,38°, ein anderes Mal 37,30°, während an den auf die Arbeit folgenden Ruhetagen die Mittel 37,13° und 37,11°, also weniger als das Gesammtmittel aller Beobachtungen an demselben Manne ergaben.

Die Einzelvorgänge in Muskeln und Nerven haben gezeigt, daß beiden ein Antheil an jener Wärmeerhöhung zukommt.

Durch Helmholtz wissen wir, daß selbst die kleinen Froschmuskeln durch ihre Zusammenziehung meßbar an Wärme zunehmen, wenn auch nicht ganz um ein Fünftel Grad. In dem zweiköpfigen Armmuskel fanden Becquerel und Breschet eine Vermehrung um einen und einige Zehntel Grad bei einem Manne, der fünf Minuten Holz gesägt hatte.

Nachdem sich Helmholtz vor vielen Jahren vergeblich bemüht hatte, eine Wärmeerhöhung auch in gereizten Froschnerven nachzuweisen, berichten uns Valentin, Oehl und Schiff, es sei ihnen gelungen zu beobachten, daß die Reizung im Nerven eine Er-

wärmung bewirkt. Während Valentin an Fröschen arbeitete, haben die beiden letztgenannten Forscher ihre Versuche auch auf Warmbluter ausgedehnt. Schiff ermittelte unter Beachtung der zahlreichen Vorsichtsmaaßregeln, wie sie die Veränderlichkeit des Versuchsgegenstandes und die Feinheit der Messungen aufnöthigen, daß am hinlänglich frischen Nerven ein der erregten Strecke näher gelegener Abschnitt stärker erwärmt wird als der ferner liegende. Der stärkere Reiz brachte in Schiff's Versuchen auch eine größere Erwärmung hervor. Nur über das Gesammtmaaß der Wärme, die durch die Anwendung von Reizen im Nerven frei wird, gestatten die bisherigen Untersuchungen kein Urtheil. Da nun jeder Antrieb zur Bewegung, wie sie die Verkürzung unserer Muskeln bedingt, eine Erregung des Nerven voraussetzt, so ergiebt sich aus der Wärmeerhöhung, die beide erleiden, daß in beiden eine stoffliche Bewegung vorgeht, die freilich im Muskel viel ansehnlicher ist als im Nerven.

Wärme entspricht der Leistung des Arms und des Hirns. Das Denken erhöht nach Davy die Wärme ebenso gut, wie es nach Byasson den Zerfall der eiweißartigen Bestandtheile und des phosphorhaltigen Hirnfetts steigert, da in Folge geistiger Arbeit Harnstoff, Schwefelsäure und Phosphorsäure in größerer Menge mit dem Harne ausgeleert werden. In den

angestrengten Nachtwachen, in denen das Hirn gebärt, was am Tage die Sinne zeugten, beschleicht den Forscher unzeitiger Hunger, der ihn zwingt, im Gedanken eine Bewegung des Stoffs zu erkennen.

Die körperliche Bewegung darf aber ein gewisses Maaß nicht überschreiten, sonst hemmt sie das Athmen. Dann wird auch nach Nasse die Wärme weniger erhöht.

Wenn wir ruhend bewegt werden, wie beim Fahren im Wagen, dann wird die Wärme sogar um etwas herabgedrückt (Davy); beim Fahren wird der Verlust an Wärme durch die wechselnden Luftschichten, die mit dem Körper in Berührung kommen, vergrößert.

Ohne Zweifel ist es zum Theil durch die größere Thätigkeit am Tage bedingt, daß unsere Wärme während der Tagesstunden etwas höher ist als in der Nacht. Wenn man die Mittelwerthe mit einander vergleicht, ist der Unterschied jedoch nicht groß, denn er erreicht nach Jürgensen's zahlreichen Messungen nicht ganz einen halben Grad. Er fand die durchschnittliche Nachtwärme gleich 36,9°, die entsprechende Tageswärme 37,3. Der höchste Wärmegrad wird nach Jürgensen Abends gegen 7, der niederste Morgens gegen 7 Uhr beobachtet. Die äußersten Werthe fallen ans Ende der beiden Zeitabschnitte, deren Grenzen jedoch nicht unverrückbar sind. Da aber Licht und Wärme, wie ich am deutlichsten an Fröschen

beobachten konnte, den Stoffwechsel beeinflussen, so wirken außer dem Gegensatz von Thätigkeit und Ruhe noch andere Ursachen mit, um den Wärmeunterschied zu erzeugen.

So sehr man auch geneigt sein möchte zu erwarten, daß die Einnahme des Hauptmahles auf die Wärme unserer inneren Theile einen durchgreifenden Einfluß üben sollte, hat sich doch diese Voraussetzung in der Erfahrung nicht bestätigt. Bei Davy sank die Wärme nach dem Mittagessen, während sie sich bei Gierse erhob. Mantegazza, der, ähnlich wie früher von Bärensprung einen höchsten Wärmegrad der Morgenstunde zwischen zehn und elf, und eine Wiederholung dieser größten Wärme des Körpers um fünf Uhr Abends annimmt, erklärt ausdrücklich, daß die Stunde des Mahls auf den Zeitpunkt, in welchem die höchsten Wärmegrade erreicht werden, keinen Einfluß hat. Er selber speiste z. B um 5 Uhr und beobachtete, wie Davy, nach dieser Stunde eine stetige Abnahme seiner Wärme bis in die Nacht hinein.*)

Im Allgemeinen übertreffen die Vögel an Wärme die Säugethiere, diese, und zwar in viel höherem Grade, die Lurche und Fische. Aber die Schleihe athmet in gleicher Zeit für gleiches Körpergewicht nur

*) Mantegazza, della temperatura delle orine, Milano 1862, p. 10.

ein Viertel soviel Kohlensäure aus als der Frosch, die Kröten, Salamander und Frösche nach meinen und Schleske's zahlreichen Untersuchungen nur ein Viertel bis reichlich zwei Drittel soviel wie der Mensch, die Taube dagegen nach Boussingault beinahe neunmal mehr als die Menschen.

Es giebt eine Krankheit, die durch den Uebergang von Zucker in den Harn ausgezeichnet ist, die sogenannte Zuckerharnruhr. In dieser Krankheit ist die Wärme des Körpers vermindert, vorausgesetzt, daß die Kranken nicht fiebern (Bouchardat). Griesinger, Rosenstein und Lomnitz sahen die Wärme des Menschen in der Zuckerharnruhr zwischen 35 und 36° schwanken, Vogel sogar auf 34° herabgehen.*) Cantani in Neapel hat ihre Angaben mehrfach bestätigt, er fand aber nie weniger als 35° und dies nur in schweren Fällen.**) Eine Reihe von Thatsachen spricht dafür, daß dieser Harnzucker als ein Erzeugniß der Rückbildung betrachtet werden darf, welches auf einer niederen Verbrennungsstufe stehen geblieben ist. Sowohl die Menge des verzehrten Sauerstoffs, wie die

*) Julius Vogel, Krankheiten der harnbereitenden Organe in Virchow's Handbuch der speciellen Pathologie und Therapie, Erlangen, 1856 — 1865, S. 485; Bouchardat, de la glycosurie, Paris, 1875, p. 32.

**) Cantani, patologia e terapia del ricambio materiale, Milano, 1875, p. 92, 140, 158, 202.

der ausgeschiedenen Kohlensäure ist in der Zuckerharnruhr bedeutend herabgesetzt (Pettenkofer und Voit).

Im Fieber dagegen ist der Stoffwechsel beschleunigt, und es giebt kein beständigeres Kennzeichen des Fiebers als die Erhöhung der Blutwärme.

Ueberall finden wir Einklang zwischen Wärme und Stoffwechsel, und darum durfte ich die Wärme ein Maaß des Lebens nennen.

Aber dieser Ausdruck hat im strengen Sinne nur Geltung, wenn man die erzeugte Wärmemenge, die wahre Eigenwärme in Betracht zieht. Er hört auf wahr zu sein, wenn wir von dem Wärmegrad des Körpers ausgehen. Die wahre Eigenwärme ist diejenige, welche im Körper erzeugt wird. Der Wärmegrad, und leider kennen wir nur diesen genau, ist ein Ergebniß von Wärmeentwicklung und Wärmeverlust.

Darum waltet kein einfaches gerades Verhältniß zwischen dem gegebenen Wärmegrad und der Schnelligkeit des Stoffwechsels, wenn wir beide Größen in mathematischer Strenge mit einander vergleichen.

Wenn gar keine Wärme dem Körper verloren ginge, dann dürften wir die Eigenwärme betrachten als den Unterschied zwischen dem Wärmegrad von Thieren und Pflanzen und dem der Luft oder des Wassers, die sie beherbergen.

Allein Pflanzen und Thiere verlieren beständig Wärme durch Ausstrahlung und Leitung, Verdunstung und Auflösung. Leitung und Verdunstung werden durch Luftwechsel beschleunigt. So oft ein Salz sich in den Flüssigkeiten des Körpers auflöst, wird Wärme gebunden, und um so mehr, je größer die Menge des Wassers ist, die zur Auflösung verwandt wird (Person).

Ein Regenschauer wirkt doppelt abkühlend auf die Pflanzenwelt, insofern das eingedrungene Wasser die Salzlösungen in der Pflanze verdünnt und die Verdunstung an der Oberfläche steigert. Dagegen ist die Benetzung der Zellwände mit einer Verdichtung von Wasser verbunden, und hierdurch wird etwas Wärme frei.

Uebertrifft der Verlust die Entwicklung der Wärme, dann kann der Wärmegrad eines lebenden Wesens unter den des umgebenden Mittels, unter den von Luft und Wasser herabsinken. Wir sind nicht berechtigt, daraus zu schließen, daß die Eigenwärme fehlte. Pflanzen und Lurche sind sehr häufig in Folge der kräftigen Verdunstung an ihrer Oberfläche kälter, als die umgebende Luft. Schneiden wir die Verdunstung ab, indem wir die Pflanze oder den Frosch in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum bringen, dann sehen wir den Wärmegrad sich über den der Luft erheben (Dutrochet). Dieses Mehr wird von der Pflanze, vom Frosche entwickelt.

Abnahme der Verdunstung vermindert auch den Wärmeverlust. Es ist bekannt, daß eine Salzlösung, vermöge der Verwandtschaft des Salzes zum Wasser, das letztere langsamer verdunsten läßt, als reines Wasser. Der Schiffsführer Bligh, der nebst achtzehn Getreuen von seinem aufrührerischen Schiffsvolk in einem kleinen Boote dem Meere preisgegeben ward, fand kein Mittel besser, sich und die Seinigen zu erwärmen, wenn ihre Kleider vom Regen durchnäßt waren, als das Eintauchen der Kleidungsstücke in Seewasser und nachheriges Ausdrücken derselben. Statt Regenwasser enthielten dann die Kleider Salzwasser. Zunächst ward dadurch die Verdunstung beschränkt, und indem das Salz die Haut reizte und das Blut in diese reichlicher einströmte, wurde jenen Verlassenen die Empfindung verursacht, als hätten sie trockene Kleider angelegt (Georg Forster).

Wenn der Verlust an Wärme rascher abnimmt als die Menge, die erzeugt wird, dann kann bei einem langsameren Stoffwechsel ein höherer Wärmegrad vorhanden sein, als man erwarten dürfte, wenn das Leben durch den Wärmegrad und nicht durch die Eigenwärme gemessen würde.

Durch diesen Zusammenhang wird es auf die natürlichste Weise erklärt, daß nach den Messungen von Bärensprung's die Wärme der Greise die des er-

wachsenen Mannes übertrifft. Der Stoffwechsel nimmt im höheren Alter ab und zwar die Einnahmen noch stärker als die Ausgaben. Allein die trockene Haut empfängt weniger Blut, sie läßt weniger ausstrahlen und verdunsten, sie giebt durch Leitung weniger Wärme ab, und dadurch wird der Wärmeverlust in höherem Grade gemäßigt als die Verbrennung verzögert wird.

Ebenso verhält es sich mit den Fällen, in welchen bei Frauen eine höhere Wärme beobachtet wird, als bei Männern. Der Stoffwechsel, und ganz besonders die Athmung, steht an Lebhaftigkeit den gleichen Vorgängen beim Manne bedeutend nach. Dem entsprechend fand auch Nasse die Wärme der Frauen geringer, als die der Männer. Von Bärensprung dagegen hat einen geringen Unterschied zu Gunsten der Frauen beobachtet. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß dies nur in einem geringeren Wärmeverlust bei den von ihm untersuchten Frauen begründet sein konnte. Indem die Frauen weniger ausathmen und weniger Harn in 24 Stunden ausscheiden als die Männer, lassen sie weniger Wasser verdunsten und geben sie weniger Wasser aus, das ihr Körper erst auf eine Wärme von 37 Grad erhoben hat. Und das Fettpolster, das den weiblichen Körper in der Regel reichlicher deckt, schützt als schlechter Wärmeleiter die unter der Haut liegenden Theile vor einer zu raschen Abgabe an die Außenwelt.

Für gleiches Körpergewicht athmen Kinder mehr Kohlensäure aus als Erwachsene, ebenso wie sie, für die Gewichtseinheit ihres Körpers, in gleicher Zeit mehr Harnstoff ausscheiden. Es wird also auch in einer gegebenen Zeit mehr Stoff bis zu dieser Endstufe verbrannt. Ueberdies wächst ein Kind nur deshalb, weil die Menge der Nahrung die der Ausgaben übertrifft. Allein die Gewebebildung, die sogenannte Ernährung im engeren Sinne, beruht selbst auf einer langsamen Verbrennung der Blutstoffe. Im kindlichen Alter ist also eine doppelte Steigerung erzeugter Wärme gegeben; sowohl die Anbildung wie die Rückbildung, die beide eine Bereicherung des organischen Körpers an Sauerstoff voraussetzen, sind gesteigert. Daher ist das Kind wärmer als der Erwachsene, trotzdem daß der kleine Körper im Vergleich zu seinem Inhalt mehr Wärme ausstrahlt als der große. Schlagender läßt es sich nicht darthun, daß der Wärmegrad eines Körpers kein strenges, einfaches Maaß des Stoffwechsels ist. Kinder und Greise, die hinsichtlich der Lebhaftigkeit ihres Stoffumsatzes an den entgegengesetzten Grenzen stehen, zeigen nach den Messungen von Bärensprung's in der Wärme ihres Körpers die größte Uebereinstimmung. Beide übertreffen den Erwachsenen. Während aber beim Greise der Verlust an Wärme noch mehr herabgedrückt ist als

die Erzeugung, ist umgekehrt beim Kinde die Entwicklung noch mehr gesteigert, als der durch Ausstrahlung bedingte Verlust.

Wenn also kleine Thiere, Sperlinge, Grünfinken, ebenso warm sind wie Tauben und Hühner, obgleich jene mehr Wärme verlieren als diese, so ist es klar, daß sie in demselben Verhältniß mehr Wärme erzeugen müssen. Die herrliche Arbeit von Regnault und Reiset hat uns gelehrt, daß Sperlinge und Grünfinken beim Athmen zehnmal mehr Sauerstoff verbrauchen als Hühner. Und daß die Wärme der Eidechsen trotz dem kleineren Körper und größerer Oberfläche nach den Messungen von Rudolphi und Czermak bedeutend größer ist, als die des Wasserfrosches, kann uns nicht in Erstaunen setzen, wenn wir durch die Bemühungen der oben erwähnten französischen Forscher erfahren, daß die beweglichen Eidechsen für gleiches Körpergewicht zwei- bis dreimal mehr Sauerstoff verzehren, als die trägeren Frösche.

Von den Ursachen des Wärmeverlusts, die in Verbindung mit den Quellen der Wärme nicht die erzeugte Eigenwärme, sondern den Wärmegrad als ein unmittelbar Gegebenes hervorbringen, haben wir bisher die Verdunstung, die Ausstrahlung, die Wärmeleitung und die Auflösung fester Stoffe in Wasser kennen gelernt. Zu diesen Vorgängen, die eine Abnahme

der Wärme bedingen, gesellt sich noch die Zersetzung, namentlich diejenige, die wir als das gerade Gegentheil der Verbrennung betrachten müssen, die Sauerstoffverarmung.

Die Versuche von Thomas Woods haben bewiesen, daß die Zersetzung eines zusammengesetzten Körpers von einem Wärmeverlust begleitet ist, welcher an Größe der durch Verbindung der Zersetzungsprodukte erzeugten Wärme gleichkommt.

Die Verwandlung der Fettbildner in Fett erfordert eine Ausscheidung von Sauerstoff. Wenn Stärkmehl oder Zucker in Buttersäure, wenn die Buttersäure in Oelsäure übergeht, dann nimmt die Sauerstoffmenge der betreffenden Körper ab, und bei dieser Zerlegung, in deren Folge wir Wasserstoff und Kohlensäure im Darmkanal finden, geht ebenso viel Wärme verloren, wie bei einer entsprechenden Verbrennung entwickelt wird. Der Verlust muß um so größer sein, weil Wasserstoff und Kohlensäure im gasförmigen Zustande frei werden, also eine erhebliche Wärmemenge binden müssen.

Sauerstoffverarmung ist wiederum das wesentliche Merkmal der Umbildung von Kohlensäure und Wasser in Zellstoff und Stärkmehl, der Bildung von Holz und Kork, von Fett und Wachs in der Pflanze.

Fettbildung im Thierreich und die Entstehung der

allgemein verbreiteten Bestandtheile in der Pflanzenwelt sind also in Bezug auf die Wärme gerade so das Gegentheil der Verbrennung, wie die Entwicklung der Rückbildung entgegengesetzt ist. Die Materie organisirt sich, indem sie Sauerstoff verliert, und dadurch ist ein Verlust an Wärme bedingt, der nur gemässigt wird, weil der Stoff, indem er sich organisirt aus dem luftförmigen in den festen Zustand übergeht, also verdichtet wird, und neben der eingreifenden Zersetzung offenbar auch mancherlei Verbindungen stattfinden. Auf der anderen Seite gehen Rückbildung, Verbrennung und Wärmeerzeugung mit einander Hand in Hand. Beide Vorgänge sind Pflanzen und Thieren gemein, nur daß in jenen die Anbildung mit Wärmeverlust, in diesen die Rückbildung mit Wärmeerzeugung vorherrscht.

Buttersäure enthält weit mehr Sauerstoff im Verhältniß zum Kohlenstoff und Wasserstoff, als die Oelsäure. Es ist hiernach klar, daß die Buttersäure, um Kohlensäure und Wasser zu liefern, weniger Sauerstoff aufnimmt als die Oelsäure. Und hieraus folgt, daß wenn Buttersäure ebenso viel Kohlensäure und Wasser giebt, wie ein entsprechendes Gewicht der Oelsäure, im letzteren Falle durch die Verbrennung mehr Wärme erzeugt werden muß, als durch die Verbrennung der Buttersäure.

Umgekehrt wird weniger Wärme verloren, wenn der Zucker sich nur in Buttersäure verwandelt, als wenn die Sauerstoffverarmung bis zur Bildung von Perlmutterfettsäure oder Talgsäure fortschreitet, welche beide durch einen viel geringeren Sauerstoffgehalt vor der Buttersäure ausgezeichnet sind.

Wo so viel Ursachen der Erzeugung und der Abgabe von Wärme zusammenwirken, da kann begreiflicher Weise von einer genauen Berechnung des Antheils jedes einzelnen Gliedes nicht die Rede sein. Um zu bestimmen, wie viel Wärme erzeugt wurde, müßten wir bei einem Thiere nicht nur wissen, wie viel Sauerstoff aufgenommen, wie viel Kohlensäure, Wasser und Harnstoff ausgeschieden wird, sondern auch aus welchen Stoffen die Kohlensäure, das Wasser und der Harnstoff hervorgingen, wie viel Eiweiß in Gewebe verwandelt und etwa im Körper aufgespeichert, wie viel und welche Salze gebildet, wie viel Wasser verdichtet, wie viel Kohlensäure und Sauerstoff in den Flüssigkeiten des Leibes gelöst wurde. Und wären wir im Besitze aller dieser Thatsachen, dann würden wir den Wärmegrad im einzelnen Fall nur unter der Bedingung befriedigend herleiten können, wenn wir ebenso, wie die Wärmequellen, auch die einzelnen Wärmeausgaben zu bestimmen vermöchten. Wir müßten die Wärme kennen, um welche Ausstrahlung und Ver-

dunstung, Wärmeleitung, Auflösung fester Stoffe und Zersetzung den Körper berauben. Wir müßten vor allen Dingen wissen, wie viel Wärme verbraucht wurde, welche durch Umsetzung in lebendige Kraft zu Arbeit aufgeboten ward. Denn durch die Bewegung nimmt die Menge der Kohlensäure erstaunlich zu, ohne daß in entsprechendem Grad die Wärme gesteigert wird, was nicht bloß daher rührt, daß die durch die Bewegung veranlaßte Ausdünstung Wärme verbirgt, sondern ebenso daher, daß ein Theil der erzeugten Wärme als solche verschwindet, um dafür als Arbeit zu Tage zu kommen.

Stärkmehl verwandelt sich im Thierkörper in Stärkegummi*), dieses in Zucker. Die letztere Verwandlung beruht auf einer Verbindung des Stärkegummis mit Wasser. Der Zucker zerfällt in Milchsäure, die Milchsäure in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff. Nach und nach verwandelt sich die Buttersäure im menschlichen Körper in Oelsäure und Perlmutterfettsäure. Aber diese Fettsäuren enthalten weniger Sauerstoff als die Buttersäure, die Buttersäure wieder weniger als Milchsäure. Wenn also im menschlichen Körper aus Stärkmehl Fett entsteht, dann ist bis zur Zuckerbildung eine Aufnahme von Wasser, eine chemi-

*) Dextrin.

sche Verbindung, eine Quelle von Wärme gegeben. Von der Bildung der Buttersäure an ist der Vorgang durch Sauerstoffverarmung bezeichnet. Die Buttersäure enthält mehr Sauerstoff als die Perlmutterfettsäure, und die Perlmutterfettsäure wieder mehr als die Oelsäure. Die Entstehung aller dieser Säuren ist also begleitet von einem Wärmeverlust. Aber sie selbst verbrennen später allmälig zu Kohlensäure und Wasser. Wo wäre hier an eine Rechnung zu denken, die voraussetzen würde, daß wir wüßten, wie viel Stärkmehl in Zucker, wie viel Zucker in Fett verwandelt wurde? Wie soll man im einzelnen Falle bestimmen, wie viel von jeder einzelnen Fettsäure aus dem Zucker hervorging, wie viel von jeder einzelnen zu Kohlensäure und Wasser verbrannt wurde? Und alle diese Zahlen, die unserer Rechnung entgehen, wären nöthig, um zu bestimmen, welchen Antheil wir einer einzigen Reihe von stofflichen Vorgängen an dem Wärmegrad des Körpers zuschreiben müssen.

So weit also ist es entfernt, daß die Versuche von Dulong und Despretz, um zu bestimmen, wie viel Wärme die Bildung von Kohlensäure und Wasser im Thierkörper erzeugen kann, die Frage nach dem Ursprung der thierischen Wärme in befriedigender Weise gelöst hätten, daß wir vielmehr auf dem jetzigen Standpunkt unserer Kenntnisse jenen Versuchen alles

Vertrauen versagen müßten, wenn sie wirklich gelehrt hätten, daß die erzeugte Wärme der Thiere als reine Verbrennungswärme zu betrachten ist.

Wir begegnen hier einem von den vielen Fällen, in welchen der Wechsel des Lebens sich nicht in Zahlen bannen läßt. Nicht etwa weil die Vorgänge des Lebens nichts gemein hätten mit den Zahlen des Mechanikers, oder weil der Stoff sich im lebenden Wesen den Gesetzen des Zählens und Wägens entzöge. Allein die Rechnung hat es mit so vielen veränderlichen Größen zu thun, deren Wachsthum und Abnahme sich im einzelnen Fall nicht genau bestimmen lassen, daß wir der scharfen Berechnung des Endergebnisses entsagen müssen. So weit können wir die Rechnung führen, daß uns der Wärmegrad als ein Ausdruck stofflicher Vorgänge erscheint, herzuleiten aus Erzeugung und Verlust. Damit ist der Grundsatz der Rechnung gewahrt. Die Rechnung wäre im einzelnen Fall auszuführen, wenn wir die einzelnen Größen fesseln könnten, die sich im Flusse des Lebens verlieren. Wenn ich aber nicht weiß, wie viel Stärkmehl im Thierkörper in Buttersäure übergeht, dann kann ich den Einfluß, den dieser Vorgang auf die Wärme ausübt, aus demselben Grunde nicht bestimmen, aus dem ich die Höhe eines Thurms nicht finden kann, dessen Entfernung von meinem Standort mir unbekannt wäre. Die Rechnung ist in beiden

Fällen möglich im Begriff, sie scheitert nur an äußeren Hindernissen der Ausführung. Es gehört zu den wesentlichsten Erkenntnissen in der Lehre des Lebens, die Grenzen der Unüberwindlichkeit solcher Hindernisse zu überschauen. Denn diese Erkenntniß sichert uns vor einem Spiel mit mathematischen Formeln, die nur dann unserer Einsicht den Ernst und die Festigkeit der strengsten aller Wissenschaften verleihen, wenn die Formeln eine getreue Uebersetzung enthalten der Erscheinungen des schwankenden Lebens.

Um den Wärmegrad des menschlichen Körpers nach seinen Ursachen in eine Formel einzukleiden, würden wir einen höchst zusammengesetzten Ausdruck mit lauter veränderlichen Größen erhalten. Darin liegt es, daß wir zwar im Allgemeinen sagen können, die Wärme steigt mit der Kraft des Stoffwechsels und fällt, wenn Verdunstung und Ausstrahlung zunehmen, ohne daß der Wärmegrad genau Schritt hält mit irgend einem der Vorgänge, die den Stoffwechsel zusammensetzen und ordnen. Darum ist die Wärme kein stetiges Maaß für Athmung und Ernährung, für Ruhe und Bewegung, sie befolgt kein gerades Verhältniß mit Tag und Nacht, mit Sommer und Winter, mit Alter und Geschlecht. Und dennoch hängt sie nach festen Gesetzen von jedem dieser Glieder ab. So kann es kommen, daß Säugethiere von manchen gleich großen Vögeln

nicht um ebenso viel in der Eigenwärme übertroffen werden, wie an Lebhaftigkeit des Athmens. Der Wärmegrad würde nur dann, wenn alle übrigen Verhältnisse völlig gleich wären, genau der Kraft der Athmung entsprechen.

Bei aller Klarheit über den beschränkten Werth, den die Rechnung unter solchen Verhältnissen, bei so viel unbekannten Größen, besitzt, verlohnt es sich doch der Mühe, einen Versuch zu wagen, um wenigstens eine annähernde Vorstellung von dem Kräftemaaß zu gewinnen, das sich im menschlichen Körper entwickelt. Helmholtz ist uns darin mit seinem Beispiel vorangegangen. Wir haben aber für unsere Rechnung einige Grundzahlen zur Verfügung, die, als Helmholtz seine Rechnung anstellte, noch nicht bekannt waren, und die es rechtfertigen, wenn wir dieselbe Aufgabe auf's Neue behandeln.

Zunächst ist hier hervorzuheben, daß wir unter den stofflichen Vorgängen, die zur Wärmebildung mitwirken, nur die Verbrennungen in unsere Rechnung aufnehmen können. Wie viel Wärme dadurch entwickelt wird, daß sich Stärkmehl mit Wasser, daß sich Milchsäure oder Schwefelsäure mit dem Alkali kohlensaurer Salze verbindet, daß sich Kohlensäure oder Sauerstoff in Wasser auflöst, können wir nicht angeben, es ist aber mehr als wahrscheinlich, daß

diese Wärme im Vergleich zu der durch Verbrennung gelieferten sehr klein ist. Sie wird hier nur in Erinnerung gebracht, damit man den Werth der nachfolgenden Rechnung nach keiner Seite überschätze.

Weil nun die Erfahrung gelehrt hat, daß man die Verbrennungswärme der organischen Stoffe nicht beurtheilen kann aus der Menge der Kohlensäure und des Wassers, die sie liefern, als müßten der Kohlenstoff und der Wasserstoff, den die organischen Körper enthielten, als solche zu Kohlensäure und Wasser verbrannt sein, so hat sich Frankland der verdienstvollen Arbeit unterzogen, durch unmittelbare Versuche die Wärmemenge zu bestimmen, welche durch die Verbrennung der Gewichtseinheit unserer wichtigsten organischen Nahrungsstoffe geliefert wird. Da die von Frankland ermittelten Werthe meiner Berechnung der vom Menschen in 24 Stunden erzeugten Wärme zu Grunde liegen, so seien sie hier übersichtlich zusammengestellt. Bei der Verbrennung liefert

1	Gramm	Eiweiß . . .	4998	Wärmeeinheiten,
1	„	Fett . . .	9069	„
1	„	Traubenzucker.	3277	„
1	„	Stärkmehl . .	3718*)	„

*) Gewöhnlich wird für Stärkmehl die Zahl 3813 angegeben, welche Frankland für den an Stärkmehl so reichen Reis gefunden hat. Aber aus den Mittelwerthen für die Zu-

In dieser Tabelle bedeutet die Wärmeeinheit diejenige Wärmemenge, welche im Stande ist, Ein Gramm Wasser um Einen Grad in seiner Wärme zu steigern.

Nach meinen Rechnungen nun besteht das Kostmaaß eines arbeitenden Mannes in 24 Stunden aus

---

sammensetzung des Reises*) berechnet sich, daß in 1000 Theilen trocknen Rückstandes desselben enthalten sind:

An eiweißartigen Stoffen	55,83
„ Stärkmehl + Zellstoff + Dextrin . .	928,43
„ Zucker	1,91
„ Fett	8,31
„ Salzen	5,52

Aus Franklands Grundwerthen ergiebt sich, daß

die 55,83 Tausendstel	Eiweiß des Reises . .		279,038
1,91	„	Zucker	6,259
8,31	„	Fett	75,363
oder Eiweiß, Zucker und Fett zusammen . .			360,660

Wärmeeinheiten liefern mußten. Daraus ergiebt sich, daß von den 3813 Wärmeeinheiten, die der Reis bei seiner Verbrennung geliefert hat, 3452,34 von der Verbrennung seiner 928,43 Tausendstel Stärkmehl herzuleiten sind, woraus sich für 1000 Milligramm oder 1 Gramm Stärkmehl die im Text angegegebene Zahl 3718 berechnet. Das Stärkmehl ist nun allerdings im Reis von $^1/_{12}$ seines Gewichts an Zellstoff und beinahe ebenso viel Stärkegummi begleitet; ich habe diesen Zellstoff und das Stärkegummi als dem Stärkmehl in Bezug auf Wärmebildung gleichwerthig behandelt, wogegen für jetzt nicht viel einzuwenden sein dürfte.

---

*) Vgl. meine Physiologie der Nahrungsmittel, 2. Auflage, Darmstadt 1859, Tabelle XLVI, S. 114 des tabellarischen Anhangs.

130 Gramm eiweißartiger Stoffe,
84 „ Fett,
404 „ stickstoffloser Fettbildner, (Stärkmehl, Zucker u. ähnlicher Stoffe),
30 „ Salze,
2800 „ Wasser.

Um also diejenige Wärme, die durch Verbrennung organischer Stoffe im Körper in 24 Stunden entstehen kann, zu bestimmen, braucht man nur die hier aufgeführten Zahlen mit den zugehörigen Werthen der Verbrennungswärme zu vervielfachen. Es entsteht nur die Frage, ob wir bei dieser Rechnung die stickstofflosen Fettbildner durch Zucker oder durch Stärkmehl wollen vertreten lassen, da Stärkmehl für dasselbe Gewicht über 400 Wärmeeinheiten mehr erzeugt als Traubenzucker. Während im reiferen Lebensalter die gewöhnliche und nahrhafteste Nahrung aus dem Pflanzenreich überwiegend mehr Stärkmehl als Zucker enthält, sind beim Säugling die stickstofflosen Fettbildner nur durch Milchzucker vertreten. Es mag daher bei der Rechnung, für die ein sicherer Durchschnittswerth nicht zu Grunde gelegt werden kann, die Annahme gestattet werden, daß von den 404 Gramm stickstofflosen Fettbildner die eine Hälfte Stärkmehl, die andere Traubenzucker sei. Der letztere steht dem Rohrzucker und folglich wahrscheinlich

auch dem Milchzucker in seiner Verbrennungswärme nahe.*)

Die Rechnung ergiebt für

130 Gramm	Eiweiß . .	649747	Wärmeeinheiten
84 „	Fett . . .	761796	„
202 „	Stärkmehl .	751036	„
202 „	Traubenzucker	661954	„

zusammen 2824533 Wärmeeinheiten,

mit anderen Worten, die organischen Stoffe des Kostmaaßes, das durchschnittlich einem arbeitenden Manne zukommt, würden bei ihrer Verbrennung so viel Wärme erzeugen können, daß dadurch 2,824,533 Gramm oder mehr als 2800 Kilo Wasser in ihrer Wärme um Einen Grad erhöht werden könnten.

Sie erzeugen im Körper nicht ganz so viel Wärme, weil sie im Körper nicht vollständig verbrennen. Der größte Theil des Stickstoffs unserer eiweißartigen Nahrungsstoffe wird nämlich in der Gestalt von Harnstoff, Harnsäure, Pferdeharnsäure, Fleischbasis**) und ähnlichen organischen Stoffen ausgeschieden, die bei ihrer Verbrennung zu Kohlensäure, Wasser und Ammoniak eine Wärmemenge liefern würden, die im

*) Nach Frankland liefert die Gewichtseinheit Rohrzucker 3348 Wärmeeinheiten, also 71 mehr als Traubenzucker.

**) Kreatinin.

Körper nicht wirklich erzeugt wird, also von der oben berechneten Zahl abgezogen werden muß.

Nach Frankland erzeugt die Verbrennung von

1 Gramm Harnstoff . . 2206 Wärmeeinheiten,
1 „ Harnsäure . . 2615 „
1 „ Pferdeharnsäure 5383 „

Da nun nach meinen Berechnungen ein erwachsener arbeitender Mann in 24 Stunden durchschnittlich

31 Gramm Harnstoff,
0,6 „ Harnsäure,
1 „ Pferdeharnsäure

ausscheidet, so muß man

für Harnstoff . . . 31 × 2206 = 68386
„ Harnsäure . . . 0,6 × 2615 = 1569
„ Pferdeharnsäure . 1 × 5383 = 5383

oder im Ganzen wenigstens 75338 Wärmeeinheiten von der oben ermittelten Verbrennungswärme der in 24 Stunden eingeführten organischen Nahrungsstoffe abrechnen:

$$2824533 - 75338 = 2749195.$$

Da hier die Wärmeeinheiten in Grammen ausgedrückt sind, so haben wir nur durch 1000 zu theilen, um zu finden, daß die organischen Stoffe, die im Kostmaaß eines arbeitenden Mannes enthalten sind, durchschnittlich bei ihrer Verbrennung im Körper so

viel Wärme liefern, daß dadurch 2749 Kilo Wasser um 1° erwärmt werden würden.

Wie hoch diese Zahl ist, erhellt am besten, wenn wir berechnen, zu welchem Wärmegrad unser eigener Körper durch jene Verbrennungswärme gebracht werden könnte, wenn sie sich in kurzer Zeit entwickelte, und wenn der Wärmeerzeugung gar kein Wärmeverlust gegenüber stände. Um diese Rechnung auszuführen, müssen wir wissen, daß ein Mann von 30 Jahren durchschnittlich 63,65 Kilogramm wiegt, und daß er, um die Gewichtseinheit seines Körpers um 1° wärmer zu machen, nur etwa $\frac{4}{5}$ so viel Wärme braucht wie das Wasser.

Es ist nämlich ein wesentliches Merkmal verschiedener Körper, daß sie, um in ihrem Wärmegrad für gleiches Gewicht eine gleiche Zunahme zu erleiden, verschiedener Wärmemengen bedürfen. Man bezeichnet das Maaß dieser Verschiedenheit als specifische Wärme oder Wärmegier. Je größer also die Wärmegier eines Körpers ist, desto mehr Wärme erfordert er, damit seine Gewichtseinheit um 1° mehr erwärmt werde. In diesem Sinne ist das Wasser der wärmegierigste aller Stoffe.

Die Wärmegier des Eiweisses und des Fetts ist z. B. nur halb, die des Kochsalzes und phosphorsauren Kalks nur $\frac{1}{5}$ so groß wie die des Wassers.

Mit Hülfe dieser Zahlen läßt sich annähernd die Wärmegier des menschlichen Körpers mit der des Wassers vergleichen. In den 63,65 Kilogramm, welche das durchschnittliche Gewicht eines 30jährigen Mannes darstellen, finden sich nach meiner Berechnung *)

9711	Gramm	eiweißartiger Stoffe,
3104	„	von eiweißartigen Stoffen abgeleiteter Körper,
1566	„	Fett,
356	„	Extractivstoffe,
5838	„	Salze,
43065	„	Wasser.

Es ist gewiß erlaubt anzunehmen, daß zwischen der Wärmegier des Eiweißes und derjenigen seiner Abkömmlinge kein größerer Unterschied bestehen wird als zwischen der Wärmegier des Eiweißes und derjenigen des Fetts. Wenn wir also von den Extractivstoffen, deren Menge ein so kleiner Bruchtheil des Körpers ist, absehen, so haben wir im Ganzen 14391 Gramm organischer Stoffe, deren Wärmegier nur halb so groß ist wie des Wassers, die also, um in ihrer Wärme um Einen Grad gesteigert zu werden nur 7195 Wärmeeinheiten erfordern.

In ähnlicher Weise wie wir Eiweiß und Fett als

*) Physiologie der Nahrungsmittel, Tabelle XLIX.

Vertreter der organischen Bestandtheile des Körpers betrachten, dürfen wir phosphorsauren Kalk und Kochsalz als Muster seiner anorganischen Stoffe gelten lassen. Ihre Wärmegier wäre demnach nur $^1/_5$ so groß, wie die des Wassers, und die 5838 Gramm Salze des Körpers erforderten also zur Mehrung ihrer Wärme um 1° nur 1167 Wärmeeinheiten.

Damit also der menschliche Körper um 1° wärmer gemacht werde, erfordert er

für	14391	Gramm	organischer Stoffe	7195 Wärmeeinheiten
„	5838	„	Salze	1167 „
„	43065	„	Wasser	43065 „
			zusammen	51427 „

Wenn wir die 356 Gramm Extractivstoffe abziehen, bleiben vom Körpergewicht 63294 übrig. Setzen wir in runder Zahl 63 Kilogramm, und ebenso in runder Zahl 51 für die auf das Kilo als Gewichtseinheit bezogenen Wärmeeinheiten, dann sagen uns diese Zahlen, daß, um das Gewicht unseres Körpers um 1° zu erwärmen, nur $^{51}/_{63}$ oder 0,81 so viel Wärme nöthig ist, wie für ein gleich großes Gewicht Wasser, also, wie oben gesagt, sehr nahezu $^4/_5$*).

*) Bei dieser Berechnung mußte davon abgesehen werden, daß, wenn ein Stoff in Lösung erscheint, seine Wärmegier nicht der mittleren Wärmegier des gelösten Stoffes und des Lösungsmittels entspricht.

Nun fanden wir, daß die Wärmeeinheiten, welche die Verbrennung unserer organischen Nahrungsstoffe in 24 Stunden liefert, ausreichen, um 2749 Kilo Wasser um 1° zu erwärmen. Aber dieselbe Wärmemenge, welche 2749 Kilogramm Wasser um 1° erwärmt, vermag 51 Kilogramm Wasser um 54° zu erwärmen, und um ebenso viel den menschlichen Körper, dessen 63 Kilogramm in ihrer Wärmegier 51 Kilogramm Wasser entsprechen.

Dächte man sich diese Wärmemenge einem auf 0° erkalteten menschlichen Körper beigebracht, so würde ihm dadurch ein Wärmegrad ertheilt, bei welchem erfahrungsmäßig das Leben allen Keimstoffs erlischt. Würde sie dem Körper bei seiner gewohnten Temperatur noch zugeführt, dann würde er auf 91° erwärmt, ein Wärmegrad, bei welchem alles Eiweiß des Körpers geronnen, folglich das Leben grundsätzlich unmöglich wäre.

Schon hieraus würde die Nothwendigkeit bedeutender Wärmeverluste für den Körper hervorgehen, und eben die Thatsache, daß der Wärmegrad unseres Körpers nur in den engsten Grenzen schwankt, beweist, daß der Gesammtverlust der Menge erzeugter Wärme gleich kommt.

Das Endergebniß der Rechnung wäre somit bekannt, wenn wir nicht wüßten, daß nicht alle im Körper gebildete Wärme von Verbrennungsvorgängen herrührt. Während wir aber in diesen jedenfalls den Hauptposten der Wärmebildung berechnet haben, sind die

Werthe der Wärmeverluste nur zum kleineren Theil einer durchgeführten Rechnung zugänglich.

Zunächst läßt sie sich anwenden auf diejenigen Stoffe, die wir in bekannten Gewichtsverhältnissen in unseren Körper einführen, und deren Wärmegier uns bekannt ist. Dies gilt also für die Nahrungsmittel und Getränke, sowie für die eingeathmete Luft, die den Körper, auf dessen eigenen Wärmegrad gebracht, wieder verlassen. Ganz befriedigend ist freilich die Rechnung nicht, so einfach sie auch auf den ersten Blick erscheint. Der größte Theil des Kohlen- und Wasserstoffs unserer organischen Nahrungsstoffe verlassen den Körper als Kohlensäure und Wasser, ein ansehnlicher Bruchtheil des letzteren als Wasserdunst. Wie viel Wärme bei der Bildung des Wasserdunstes dem Körper verloren geht, läßt sich berechnen. Allein wir wissen nicht, wie viel Wärme bei der Vergasung der Kohlensäure gebunden wird.

Nach dieser Vorbemerkung sei es gestattet, die Rechnung zu versuchen. Vor allem müssen wir uns über den Wärmegrad verständigen, den wir als Ausgangspunkt für die im Körper zu erwärmenden Speisen, Getränke und Luftmengen ansetzen wollen. Da dieser Wärmegrad sehr wechselt und auch sein Durchschnittswerth für jedes Klima nur mehr oder weniger glücklich errathen werden kann, so beansprucht die Rechnung

eigentlich nur den Werth eines Beispiels. Nehmen wir an die Temperatur der einzuführenden Nahrung und der einzuathmenden Luft sei 15°. Da sie im Körper bis zu 37°, also um 22° erwärmt werden, so haben wir nur die Gewichtsmengen der einzelnen zum Kostmaaß gehörenden Nahrungsstoffe mit 22 und der je zugehörigen Zahl für die Wärmegier zu vervielfachen, und das Gleiche auf die in 24 Stunden eingeathmete Luftmenge zu beziehen. Wir nehmen mit Helmholtz an, daß das Gewicht der eingeathmeten Luft in 24 Stunden 16400 Gramm beträgt, während Regnault für ihre Wärmegier, die des Wassers = 1 gesetzt, die Zahl 0,23741 gefunden hat. So finden wir denn den Bruchtheil der erzeugten Wärme, der in Beschlag genommen wird, zur Erwärmung

der eiweißartigen Nahrungsstoffe . . .	=	130 × 0,5 × 22 =	1430
des Fetts	=	84 × 0,5 × 22 =	924
der stickstofffreien Fettbildner	=	404 × 0,5*) × 22 =	4444
der Salze	=	30 × 0,2 × 22 =	132
des Wassers . . .	=	2800 × 1,0 × 22 =	61600
des gesammten Kostmaaßes = ...			68530
der eingeathmeten Luft = 16400 × 0,23741 × 22 =			85657
der Nahrung und Luft zusammen			154187.

*) Es ist hier angenommen, daß die Wärmegier des Starkmehls, Stärkegummis und Zuckers mit der von Eiweiß und Fett übereinstimmt, was freilich nicht durch Versuche ermittelt ist.

Es würde also zur Erwärmung der in 24 Stunden in den Körper eingeführten Nahrung und Luft so viel Wärme verbraucht, daß dadurch 154 Kilogramm Wasser um 1^0 wärmer gemacht werden könnten, was etwas mehr als $^1/_{18}$ der in gleicher Zeit erzeugten Verbrennungswärme beträgt.

Nächst diesem Verlust bietet die Wärmemenge, die dem Körper durch Verdunstung des Wassers entzogen wird, noch die besten Anhaltspunkte zur Berechnung. Wir kennen annähernd die Menge Wasserdampf, die an die Athmungsluft in den Lungen, und diejenige, welche an der äusseren Oberfläche des Körpers abgegeben wird. Durch eine der zahlreichen Arbeiten, durch welche sich Regnault den Naturforschern unentbehrlich gemacht, besitzen wir eine einfache Erfahrungsregel, um zu berechnen, wie viel Wärme in den als solche unmerkbaren Zustand übergeht, wenn Wasser von 0^0 in Dampf von einem bestimmten Wärmegrad verwandelt wird*). Hat, wie in unserem Körper, das Wasser, welches in Dampf übergeht, schon vorher einen Wärmegrad über 0^0, so müssen so viel Wärme-

*) Die Regnault'sche Formel ist:

$$l = 606{,}5 + 0{,}305\ t,$$

in der l die Wärmemenge bedeutet, welche erfordert wird, um 1 Kilogramm Wasser von 0^0 in Dampf von t Wärmegrad zu verwandeln.

einheiten abgerechnet werden, als nöthig gewesen wären, um das Wasser von 0° auf jene Wärme zu bringen.

Es fragt sich also zunächst, wie viel Wasserdampf wir an die ausgeathmete Luft abgeben. Offenbar fällt diese Frage nicht mit jener anderen zusammen, wie viel Wasser die ausgeathmete Luft enthält, da diese bei ihrem Eintritt in die Lungen schon wechselnde Mengen Wasserdampf mit sich führte.

Die meisten Bestimmungen des Wassergehalts der ausgeathmeten Luft verdanken wir Valentin. Er fand als Mittel für je 1 Kilogramm Körpergewicht in 1 Minute 0,0051 Gramm, also für 63,65 Kilo (das mittlere Körpergewicht eines 30jährigen Mannes) 467 Gramm in 24 Stunden, oder sehr nahe $^1/_{137}$ des Körpergewichts. Um nun hiervon die Wassermenge abzuziehen, die schon in der eingeathmeten Luft enthalten war, müßten wir den Wassergehalt des Dampfkreises bei den jeweiligen Versuchen kennen. Da diese nicht bekannt ist, so sei es erlaubt, indem ich eine Versuchsreihe von mir selber zu Grunde lege, anzunehmen, daß die eingeathmete Luft schon $^1/_3$ von dem in der ausgeathmeten vorhandenen Wasser enthielt. Sonach würden von den 467 Gramm Wasser, welche die ausgeathmete Luft mit sich führte, nur 311 den Lungen entstammen, und weil meine Versuche bei einer mittleren Wärme von 8° C angestellt wurden,

bei der die eingeathmete Luft verhältnißmäßig wenig Wasser führen mußte, dürfen wir, statt 311, getrost die runde Zahl 300 annehmen.

Um aber 300 Gramm Blutwasser, welches schon 37° warm ist, in Dampf von gleicher Wärme zu verwandeln, werden 174 Wärmeeinheiten verbraucht.

Zu dem Wasser, welches in den Lungen verdunstet, kommt nun aber noch eine viel größere Wassermenge, die von der äußeren Oberfläche des Körpers in Dunstform entweicht. Um uns eine annähernde Vorstellung von derselben zu machen, sind wir darauf angewiesen, das Gesammtgewicht des von Haut und Lungen entweichenden Wassers zu ermitteln, und davon die allein in den Lungen verdunstende Menge abzuziehen.

Barral fand die Gesammtmenge des Wassers, das in 24 Stunden bei einem Manne von 63,65 Kilogramm von Haut und Lungen dunstförmig entweicht, gleich 1639 Gramm, Pettenkofer und Voit für dieselbe Gewichts- und Zeiteinheit

an einem Ruhetag . . . 877 Gramm,
„ „ Arbeitstag . . 2166 „

Das Mittel aus diesen drei Bestimmungen ist 1561 Gramm, von denen für das in der ausgeathmeten Luft enthaltene Wasser 467 Gramm abgezogen werden müssen,

so daß für die bloße Hautausdünstung 1094 Gramm übrig bleiben.

Unter der Annahme, daß der von der Haut entweichende Wasserdampf bei der Wärme der kältesten Hautstellen gebildet würde, und zwar aus Blutwasser, welches 37° warm wäre, findet man mit Hülfe der oben angegebenen Regnault'schen Regel, daß die 1094 Gramm Hautwasser zu ihrer Verdunstung 633 Wärmeeinheiten verbrauchen, das heißt in den nicht als Wärme merkbaren Zustand überführen.

Eine Zusammenstellung der hier berechneten Verlustposten ergiebt für die

Erwärmung der Speisen und Getränke	68	Wärmeeinheiten *),
„ „ eingeathmeten Luft. .	86	„
Verdunstung in den Lungen	174	„
„ an der Oberfläche des Körpers	633	„
zusammen . .	961	„

oder reichlich ein Drittel der in 24 Stunden für gleiches Körpergewicht erzeugten Wärme, die ja ausreichte, um 2749 Kilogramm Wasser in seiner Wärme um einen Grad zu erhöhen. Beinahe zwei Drittel der erzeugten Wärme gehen verloren durch Aus-

*) Die Wärmeeinheit hier gleich derjenigen Wärmemenge, welche ausreicht, um die Wärme Eines Kilogramms Wasser um 1° zu erhöhen.

ſtrahlung und Leitung, Zerſetzung, namentlich diejenige Zerſetzung, die mit einem Verluſt an Sauerſtoff verbunden iſt, durch die Auflöſung von Salzen und anderen feſten Stoffen in den Flüſſigkeiten des Leibes, um von dem Antheil der Wärme, der in äußere Arbeit umgeſetzt wird, für jetzt gar nicht zu reden.

Bei den Thieren, bei welchen der Verluſt die Erzeugung der Wärme übertrifft, kann, wie wir oben ſahen, der Wärmegrad des Körpers unter den der umgebenden Mittel herabſinken. Zwei Klaſſen der Thiere jedoch, die Vögel und die Säugethiere mit Einſchluß des Menſchen, ſind dadurch ausgezeichnet, daß der Wärmegrad ihres Körpers innerhalb ſehr enger Grenzen ſchwankt und beinahe ganz unabhängig zu ſein ſcheint von der äußeren Wärme. Man hat daher Menſchen, Säugethieren und Vögeln einen beſtändigen Wärmegrad zugeſchrieben, durch welchen ſie ſich von den Lurchen und Fiſchen unterſcheiden. Und weil der Wärmegrad der erſteren auch durch die höchſte Kälte kaum herabgedrückt wird, ſo lange die betreffenden Thiere in Bewegung bleiben, hat man die Säugethiere und Vögel auch als warmblütige oder ſtetigwarme*) Thiere den Lurchen und Fiſchen gegen-

*) Homoeotherme.

übergestellt, die man als kaltblütige oder besser als wechselwarme*) bezeichnet.

Jene Beständigkeit der Wärme des lebenden Körpers bei Menschen, Säugethieren und Vögeln gehört allerdings zu den merkwürdigsten Naturerscheinungen, denen wir in der Lehre vom Leben begegnen. Es ist klar, daß dieselbe nur in sofern bestehen kann, als sich das Gleichgewicht zwischen der Entwicklung und der Abgabe von Wärme behauptet.

Wenn im Winter viel mehr Wärme nach außen abgegeben wird, als im Sommer, so ist auf der anderen Seite in der kalten Jahreszeit der Verlust durch Verdunstung um so geringer, und durch die größere Lebhaftigkeit des Stoffwechsels wird viel mehr Wärme erzeugt. Im Sommer aber wird nicht nur mehr Wasser von der Haut verdunstet, weil die umgebende Luft wärmer ist, sondern namentlich auch deshalb, weil die Haargefäße der Haut durch Wärme erweitert sind und also die Haut selbst reichlicher mit Blutflüssigkeit getränkt wird. Je feuchter aber die Haut ist, desto mehr Wasserdampf wird sie bei warmer Witterung in die Luft entweichen lassen.

Am Eingang des vierten Briefs habe ich ein Abkühlungsmittel erwähnt, dessen sich die Bergneger in

*) Poikilotherme.

Guinea bedienen, indem sie eine Pflanze*) an ihrer Hausthüre pflegen, welche sehr reichlich Wasser verdunsten läßt. Die Schnitter und Kohlenträger in Pennsylvanien benützen ihren eigenen Körper, um diese Verdunstung zu bewirken. Sie trinken täglich so viel, daß die Menge des in vierundzwanzig Stunden von ihrer Haut entweichenden Wassers ein Sechstel, ja ein Fünftel ihres Körpergewichts betragen soll, was den Wärmeverlust durch Verdunstung an der Haut im Vergleich zu den oben angegebenen Zahlen um das Sieben- bis Neunfache steigern müßte, was wohl des Guten zu viel wäre. Denn auch alles Wasser, das auf anderen Wegen, durch Nieren und Lungen, den Körper verläßt, wird beim Menschen bis auf siebenunddreißig Grad erwärmt und entzieht also, indem es abgeht, dem Körper Wärme. Und darum ist es Bedürfniß, im Sommer und in warmen Gegenden, so wie bei angestrengter Arbeit den Durst reichlich zu löschen. Bei den Kranken, die von der Zuckerharnruhr befallen sind, trägt die große Menge Getränke, welche sie in vielen Fällen zu sich nehmen, zur regelwidrigen Erniedrigung ihrer Wärme bei. Beim Fieberrüden, bei dem die Herabsetzung erwünscht ist, erfüllt das kalte Getränk die Aufgabe eines mächtigen Hülfsmittels zur Selbststeuer des Körpers.

*) Pistia Stratiotes L.

Ueberhaupt nimmt die Nahrung unter den Mitteln, durch welche der Körper seine Wärme regelt und einen annähernd beständigen Wärmegrad erhält, eine äußerst wichtige Stelle ein. Weil in kalten Himmelsstrichen und im Winter das Athmen lebhafter erfolgt als in warmer, schwüler Luft, wird auch im Norden mehr Nahrung verarbeitet als im Süden. Und weil für ein gleiches Gewicht des betreffenden organischen Nahrungsstoffs mehr Sauerstoff verschwindet, wenn es sich um Fett oder Eiweiß handelt, als wenn Zucker und Stärkmehl im Thierleib verbrennen, wird auch bei kalter Luft besonders viel fettes Fleisch verzehrt, während wir im Sommer uns begnügen mit Früchten, Wurzeln und Gemüsen, in denen stickstofflose Fettbildner vorherrschen. Der Thran und Talg, den die Grönländer und Samojeden verzehren, stehen mit der für sie erforderlichen Wärmeerzeugung in einer ebenso nahen Beziehung, wie Reis und Hirse bei den Bewohnern der stillen Südsee.

Nahrung, Athmung und Wärme sind drei Glieder in der Kette des Lebens, die sich zwar keineswegs unbedingt decken, die aber doch nur in sehr geringer Breite auseinander gehen können, ohne daß daraus ein Nachtheil für das Leben erwächst. Wenn der Otahitier die Brodfrucht als tägliche Nahrung mit dem Schweinefleisch vertauschen wollte, so könnte die Athmung der

Verdauung, falls diese gehörig von Statten ginge, nicht nachkommen, es entstände ein Mißverhältniß zwischen der Bildung des Bluts und der Entwicklung der Gewebe, zwischen Aufnahme und Ausscheidung, ebenso wie der Kamtschadale die in seinem Klima erforderliche Wärme nicht erzeugen könnte, wenn er seine Fischkost durch Reis ersetzen wollte. Das sind die Beziehungen der Nothwendigkeit in den Bedingungen unseres Bestehens, in denen kurzsichtige Augen allweise Absichten erblicken. Aber der Grund ist niemals weiser als die Folge, und die Folge kann der inneren Zweckmäßigkeit des ursächlichen Bandes nicht zuwider sein.

Die Eigenwärme des Körpers entspricht dem Stoffwechsel, wie sie erlischt, wenn nach dem Tode der Stoffwechsel aufhört. Darum ist das Sinken der Wärme bei herannahendem Tode eine so gefürchtete Erscheinung. Sie ist das sicherste Anzeichen von Lähmung der stofflichen Bewegung, die der Inbegriff des Lebens ist. Ein Thier erliegt dem Hungertode nicht, bevor es vier Zehntel seines Körpergewichts und einen bedeutenden Theil seiner Wärme verloren hat. Chossat fand bei Säugethieren und Vögeln, die im Begriff waren, dem Hunger zu erliegen, die Wärme des Körpers durchschnittlich auf 25° herabgesunken.

Die Wärme ist umgekehrt zum Leben nothwendig, ohne deshalb die Ursache des Lebens zu sein. Sie ist

nur insofern ein oberstes Maaß und eine Bedingung des Lebens, als sie nicht unter gewisse Grenzen hinabsinken kann, ohne daß der Stoffwechsel auf lebensgefährliche Weise beeinträchtigt ist. Ohne Wärme ist die Bewegung des Stoffs nicht möglich. Will man Thiere, die bedroht sind vom Hungertode, retten, dann muß man nach Chossat nicht bloß für Nahrung, sondern zuallererst für Wärme sorgen. Denn die Verdauung stockt, wenn die Wärme zu sehr vermindert ist, mit der Verdauung stocken Blutbildung, Ernährung und Ausscheidung. Es fehlt der Stoffwechsel, der die Wärme des Leibes regelt. Man muß also von außen den Körper in den Zustand versetzen, in welchem die stoffliche Bewegung möglich ist. Mit dem Stoffwechsel kehren Wärme und Leben zurück.

XV.

Die allmälige Entwicklung des Stoffs.

Mit allem menschlichen Wissen hat es eine eigene Bewandtniß. Heute sind wir überglücklich unter dem ergreifenden Eindruck, welchen der Reichthum geordneter Thatsachen in uns hervorbringt, und morgen belächeln wir genügsam das oberste Ergebniß der Forschung als ein uraltes Besitzthum, das sich von selbst zu verstehen schien.

Der Bauer, der sein Pferd füttert mit dem Hafer, den er selbst gebaut, und des Pferdes Auswurf seinem Acker zum Dünger einverleibt, kennt den Kreislauf des Stoffs in seinen Grundzügen ebenso gut wie der Naturforscher, der alle Gabe der Beobachtung und das von Thatsachen genährte Denken der Lehre vom Stoffwechsel widmet. Und die allgemeinste Wahrheit, die sich aus dem Leben des Bauers aufdrängt, ist gewiß nicht darum zu verschmähen, weil sie, auf so einfachem Wege gefunden, geschaut wurde.

Allein der Bauer, der weiß, daß sein Hafer genährt wird von Acker und Regen und Luft, daß sein Pferd gedeiht vom Hafer, und der Acker fruchtbar wird vom Dünger, hat doch in alle diese Vorgänge keine tiefere Einsicht, als der Staatsmann, der sich begnügt mit dem Glauben, daß Gott die Welt regiert, oder ein Naturforscher, der sich dazu verstehen könnte zu lehren, daß Gott dem verlängerten Mark seinen Einfluß auf den Herzschlag verliehen. In allen diesen Fällen übergiebt man seinen Sinn und seinen Verstand einer entfernten Ursache, unbekümmert um die Zwischenglieder, durch welche der Acker, der Hafer, der Dünger ihre letzte Wirkung erzielen. Man erfährt bei diesem Verfahren nicht, ob etwa unkörperliche Kräfte den Hafer und das Pferd beleben, man weiß nicht, ob der Dünger ein Zaubermittel für den Acker ist und schreibt vielleicht dem Regen nur die Eigenschaft zu, die Blätter zu waschen. Eine entfernte Ursache, durch eine Kluft von Ahnungen von der letzten Wirkung geschieden, ist nicht besser als ein errathener Zweck, zu welchem ein von Thatsachen entfesselter Hochmuth die Mittel zu verordnen wagt.

Darum ist doch ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Schauen des Lebens und dem Wissen der Forschung, und unsere Freude über den Fund, den wir mühselig erobern mit Feuer und Wage, wird wohl be-

scheidener, aber nicht weniger begeistert, weil uns jeder Bauer das Endziel zeigt, das unsere Untersuchungen erstrebten.

Für den Kreislauf des Stoffs, auf den ich die obige Bemerkung bezog, hat die Wissenschaft das Höchste dadurch geleistet, daß sie tiefer drang, als die Beobachtung von Dünger, Futter und Vieh auf Feld und Wiesen führen konnte, indem sie dem Entwicklungsleben des Stoffs zu folgen unternahm. Gleichviel wie weit die ersten Bemühungen fruchteten, den Namen Senebier, Tiedemann und Gmelin gebührt für immer die tiefste Ehrfurcht für den Muth, mit dem sie sich der schwierigen Aufgabe unterzogen, oft ohne viel versprechende Aussicht auf Erfolg. Senebier durch seine Arbeiten über die Ernährung der Pflanzen, Tiedemann und Gmelin durch ihre Untersuchungen über die Verdauung, sind bewußt oder unbewußt die Begründer der neuen Weltanschauung, zu der sich die Encyclopädisten mit ihren kühnen Seherssprüchen nicht unähnlich verhielten, wie der Ueberblick des Bauers zur Einsicht des Naturforschers, der den Muth hat, die letzte Folgerung zu ziehen.

Ammoniak, Kohlensäure und Wasser nebst wenigen Salzen, das ist die ganze Reihe von Stoffen, aus denen die Pflanze ihren Leib aufbaut. Unter stetiger Verarmung an Sauerstoff sahen wir aus jenen ein-

fachen Verbindungen Eiweiß und Gummi sich bilden, zwei Körper, welche die Pflanzensäfte auflösen und deshalb an die verschiedensten Gegenden, durch Stengel, Blätter und Früchte führen können. Aus dem Eiweiß bilden sich andere eiweißartige Körper, Erbsenstoff, Pflanzenleim und geronnenes Pflanzeneiweiß, von welchen die beiden letzteren ungelöst in den Samen abgelagert werden. Das Gummi verwandelt sich in Stärkmehl und Zellstoff, welche dieselben Gewichtstheile derselben Grundstoffe nur in anderer Ordnung enthalten. Ein Theil des Gummis nimmt Wasser auf und geht in Zucker über. Aber die Ausscheidung des Sauerstoffs dauert immer noch fort. Aus dem Zellstoff entstehen Holzstoffe und Kork, aus dem Stärkmehl Fett und Wachs.

Eiweiß, Zucker und Fett sind die organischen Baustoffe des Thiers. Das Blut der Thiere ist eine Lösung von Eiweiß und Fett, von Zucker und Salzen. Höher und höher schreitende Aufnahme von Sauerstoff verwandelt das Eiweiß in die leimgebenden Grundlagen der Knochen und Knorpel, in den Stoff der Haut und der Oberhaut. Mit Fett und Salzen bilden diese Körper den ganzen Thierleib.

Wir sind der Entwicklung Schritt vor Schritt gefolgt, von Erde, Luft und Wasser bis zur Schöpfung der wachsenden und denkenden Wesen. Die schaffende

Allmacht ist die Verwandtschaft des Stoffs. Manche Stufen, auf denen wir den Stoff erkannten, sind noch breit genug, um vielerlei Umwege des Werdens zu gestatten. Die Erforschung derselben ist das Streben der Gegenwart. Nur die Richtung der Bewegung des Stoffs ist so weit deutlich, daß jene Umwege keinem Irrgarten angehören können, sondern einem weiten Felde, das überall Früchte trägt, wo es nicht gebricht an Fleiß und Muth, es zu bebauen.

Ebenso wie jene vorwärts schreitende Neubildung, ist auch die Rückbildung als ein stetiger Entwicklungsvorgang erkannt. Eiweiß, Zucker und Fett zerfallen in der Pflanze in Basen und Säuren, in Farbstoffe, flüchtige Oele und Harze, in Stickstoff, Kohlensäure und Wasser, innerhalb des Thierkörpers in Käseweiß*) und Hornglanz**), in Fleischstoff und Fleischbasis, in Harnoxydul***) und Harnsäure, in Ameisensäure und Kleesäure, in Harnstoff, Ammoniak, Kohlensäure und Wasser. Harnstoff zerlegt sich außerhalb des Körpers in Kohlensäure und Ammoniak.

Vermöge des Lebens selbst kehren Pflanzen und Thiere zu ihrer Quelle wieder. Alles löst sich auf in Ammoniak, Kohlensäure, Wasser und Salze. Eine

*) Leucin.

**) Tyrosin.

***) Hypoxanthin, Sarkin.

Flasche mit einer wässrigen Lösung von kohlensaurem Ammoniak, mit Chlorkalium und phosphorsaurem Natron, mit Kalk und Bittererde, Eisen, Schwefelsäure und Kieselerde ist begrifflich der vollendete Lebensgeist für Pflanzen und Thiere.

Nach dem Tode ist die Rückbildung eine nicht minder regelmäßige Entwicklung als im Leben. Der Stoff gleitet nur anderen Stufen entlang seinem Untergange zu.

Die Verwesung ist nichts Anderes als eine langsame Verbrennung der organischen Stoffe, die außerhalb des lebenden Körpers stattfindet. Sie ist die Fortsetzung des Athmens nach dem Tode. Vermoderung ist eine langsame Verwesung.

Wenn das Zerfallen des organischen Stoffs nicht in einer Aufnahme von Sauerstoff begründet ist, sondern in einer Zersetzung von Körpern, deren Grundstoffe sich bei der Zersetzung zu neuen Verbindungen mit einander vermischen, dann nennt man den Vorgang nach Liebig Fäulniß. Es handelt sich dabei oft um eine innere Verbrennung, d. h. um eine ungleiche Vertheilung des in der ursprünglichen Verbindung vorhandenen Sauerstoffs an die aus ihr hervorgehenden Stoffe*).

In der Mehrzahl der Fälle wirken Verwesung

*) Vgl. oben S. 140 und unten S. 385.

und Fäulniß zusammen, wenn abgestorbene Pflanzen und Thiere der Rückbildung anheimfallen.

Aus den stickstoffhaltigen Körpern, die man unter dem Namen der eiweißartigen Stoffe vereinigt, gehen auf diesem Wege zwei stickstoffhaltige Bestandtheile hervor, die sich schon durch ihre Fähigkeit zu krystallisiren als Rückbildungsstoffe ausweisen. Der eine von diesen Stoffen wurde zuerst in faulendem Käse beobachtet; er läßt sich in weißen krystallinischen Blättchen erhalten und wird deshalb auch Käseweiß*) genannt. Der andere, welcher reichlicher aus faulendem Horn hervorgeht, krystallisirt in seidenglänzenden, blendend weißen Nadeln; ich habe ihm deshalb den Namen Hornglanz**) beigelegt.

Käseweiß und Hornglanz unterscheiden sich von den eiweißartigen Körpern durch ihren höheren Sauerstoffgehalt. Sie können deshalb auch durch Mittel, welche die Verbrennung begünstigen, aus den eiweißartigen Verbindungen hervorgebracht werden.

Das Käseweiß entsteht nicht bloß aus eiweißartigen Körpern und aus Horn, sondern auch aus leimgebenden Gebilden; Hornglanz vorzugsweise aus Horn, aber auch aus Eiweißstoffen und aus Knorpelleim. Statt des Hornglanzes entsteht gewöhnlich aus den

*) Leucin.
**) Tyrosin.

leimgebenden Gebilden ein anderer Körper, der noch mehr Sauerstoff enthält als Käseweiß und Hornglanz, der Leimzucker. Aus Knorpelleim kann man jedoch durch verschiedene Behandlungsweise Leimzucker, Hornglanz oder Käseweiß erhalten. Wird er mit Alkalien gekocht, dann entsteht Leimzucker, wird er mit Kali geschmolzen, dann liefert er Hornglanz, und in beiden Fällen zugleich nur eine kleine Menge Käseweiß. Letzteres dagegen ist das Haupterzeugniß, wenn man den Knorpelleim mit Schwefelsäure kocht (Hoppe).

Hornglanz enthält mehr Sauerstoff als das Käseweiß. Behandelt man Horn mit einem die Verbrennung begünstigenden Mittel, dann entsteht Käseweiß vor dem Hornglanz. Man darf den letzteren als ein Erzeugniß der Verwesung des Käseweißes betrachten.

Neben Hornglanz, Käseweiß und Leimzucker wird aus den betreffenden Stoffen bei der Fäulniß und Verwesung auch Ammoniak gebildet. Die Menge des Ammoniaks nimmt immer zu, jedoch ohne daß je das entwickelte Ammoniak den sämmtlichen Stickstoff der organischen Stoffe enthielte. Schon Marchand hat hervorgehoben, daß beim Faulen organischer Stoffe zu gewissen Zeiten Stickstoff in Freiheit gesetzt wird. Erst neuerdings hat Reiset diese Rückkehr von Stickstoff in die Luft als eine allgemeine Erscheinung bei der Fäulniß des Fleisches, sowie bei jeder Dünger-

bildung wahrgenommen, und Ville hat seine Angabe bestätigt. Valentin hat eine Stickstoffausscheidung an abgestorbenen Muskeln nachgewiesen.

Während das Ammoniak einen großen Theil des Stickstoffs der thierischen und pflanzlichen organischen Körper enthält, findet man den Kohlenstoff und Wasserstoff zum Theil in Säuren, die sich in allen wesentlichen Eigenschaften an die Fettsäuren anschließen, von den gewöhnlichen aber durch ihre Flüchtigkeit und einen höheren Sauerstoffgehalt ausgezeichnet sind. Zu diesen Säuren gehören die Ziegensäure *) und Schweißsäure **), die Käsesäure ***) und Baldriansäure, die Buttersäure und Buteressigsäure †), die Essigsäure und Ameisensäure. Jede folgende übertrifft in dieser Reihe die vorige im Sauerstoffgehalt, und daher sind diese Säuren ebenso viele Uebergangsglieder, welche die schließliche Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser einleiten.

Käseweiß zerfällt zum Beispiel, wenn es mit Kali geschmolzen wird, in Ammoniak, in Baldriansäure und Wasserstoff (F. Bopp).

Durch die schönen Arbeiten von Bopp und Hin-

*) Caprinsäure.
**) Caprylsäure.
**) Capronsäure.
†) Metacetonsäure, Propionsäure.

terberger, von Guckelberger und Keller, die alle auf Liebig's Anregung unternommen wurden, sind wir befreit von der unvermittelten Thatsache, daß Menschen, Thiere und Pflanzen bei der Fäulniß in Ammoniak und Stickstoff, in Kohlensäure und Wasser übergeführt werden. Wir kennen diese Stoffe jetzt als Endglieder eines Entwicklungsvorgangs, in welchem Käseweiß und Hornglanz, Leimzucker und flüchtige Fettsäuren als Zwischenstufen auftreten.

In Ammoniak, Stickstoff, Kohlensäure und Wasser finden wir die Grundstoffe der eiweißartigen Verbindungen, des Horns und der Leimarten wieder. Aber alle diese Körper enthalten auch Schwefel, der bei der Fäulniß gleichfalls seinem organischen Zusammenhang entrissen wird.

Der Schwefel tritt, anfangs mit Ammoniak verbunden, als Schwefelammonium auf. Durch organische Säuren, die neben dem Schwefelammonium durch die Fäulniß eiweißartiger Körper entstehen, wird Schwefelwasserstoff aus dem Schwefelammonium ausgetrieben, welcher zum Theil den üblen Geruch faulender Stoffe bedingt.

Der Schwefelwasserstoff wird durch Alkalien in Schwefelkalium übergeführt. Schwefelkalium aber verwest an der Luft. Unter stets fortschreitender Aufnahme von Sauerstoff verwandelt es sich nach und

nach in saures unterschwefligsaures, in schwefligsaures und zuletzt in schwefelsaures Kali.

Wenn die Verwesung unter den günstigsten Verhältnissen ihr Endziel erreicht, dann sind die Eiweißkörper und Horngebilde, die federkräftigen Fasern und die leimgebenden Gewebe in Ammoniak und Wasser, in Stickstoff, Kohlensäure und Schwefelsäure zerlegt.

Nicht minder allmälig als die Fäulniß und Verwesung der stickstoffhaltigen Körper geschieht das Zerfallen der stickstofffreien Bestandtheile, der Fette und Fettbildner nach dem Tode.

Das bekannte Ranzigwerden der Fette beruht allemal auf einer Verwesung, in deren Folge sauerstoffärmere und kohlenstoffreichere Fette in kohlenstoffärmere und sauerstoffreichere Fettsäuren übergeführt werden. Diese Fettsäuren sind flüchtig. Sie besitzen einen stechenden Geruch. Der Verwesung geht aber die Zerlegung der Mittelfette in fette Säuren und Oelsüß voraus. Wenn der flüssige Theil des Menschenfetts zum Beispiel lange Zeit aufbewahrt wird, dann wird ein Theil desselben in fester Form ausgeschieden, weil das vorher gelöste Perlmutterfett*) in Oelsüß und Perlmutterfettsäure zerfällt, welche letztere schwerer als Perlmutterfett in Oelstoff aufgelöst wird (Heintz).

*) Palmitin.

Das Leichenwachs besteht aus Salzen der Talgsäure und der Perlmutterfettsäure, die sich von dem Oelsüß, mit dem sie ursprünglich zu Mittelfetten verbunden waren, getrennt haben. Das Oelsüß selbst verwandelt sich durch Gährung in Buttereſſigsäure und Wasser.

Im Käse kennt Jedermann diese Bildung von flüchtigen Fettsäuren, die sogar bis zu einer gewissen Grenze eingetreten sein muß, wenn der Käse seinen beliebten würzigen Geschmack besitzen soll. Im Käse weiden wir uns so gut wie manche Thiere an einem Erzeugniß der Verwesung. Der Oelstoff und das Perlmutterfett des Käses verwandeln sich unter stets fortschreitender Aufnahme von Sauerstoff in Ziegensäure, Schweißsäure und Käsesäure, in Baldriansäure und Buttersäure.

So geschieht es bei der Verwesung der Fette überhaupt. Verdorbenes Gänsefett und verdorbenes Schweinefett enthalten so gut Käsesäure und Buttersäure wie ranzige Butter. Im Schweineschmalz hat Chevreul sogar etwas Essigsäure gefunden.

Bei dieser Verwesung scheint immer auch Kohlensäure gebildet zu werden. Kolbe, dem wir die schönsten Forschungen verdanken über die Gesetze, nach welchen die Materie zerfällt, hat die Baldriansäure zerlegt in Kohlensäure und in einen Kohlenwasserstoff,

der durch Aufnahme von Sauerstoff in Buttersäure überging. Buttersäure ist in der Reihe der flüchtigen Fettsäuren, in welcher man die Stoffe nach ihrem wachsenden Sauerstoffgehalt auf einander folgen läßt, diejenige, welche zunächst der Baldriansäure folgt.

Essigsäure und Ameisensäure sind die sauerstoffreichsten Körper, welche auf diesem Wege aus der Verwesung hervorgehen können, so lange die Verbindungen noch Wasserstoff enthalten. Aber die Essigsäure und Ameisensäure selbst zerfallen zuletzt in Kohlensäure und Wasser.

Während die flüchtigen Fettsäuren die Mittelglieder sind, welche von den festen Fetten zu Kohlensäure und Wasser führen, begegnen wir auf den Mittelstufen der Verwesung der Fettbildner den organischen Säuren der Dammerde.

Zellstoff, Stärkmehl, Zucker, die Holzstoffe liefern bei der Verwesung Dammsäure*), Torfsäure**), Erdsäure***), Quellsäure und Quellsatzsäure neben Kohlensäure und Wasser. Unter jenen Säuren ist die Torfsäure am ärmsten an Sauerstoff. Dann folgen Dammsäure, Erdsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure. Fortschreitende Verwesung verwandelt also jede vorhergehende Säure in die nächstfolgende, die Torfsäure

*) Huminsäure.
**) Ulminsäure.
***) Geinsäure.

in Dammsäure, Dammsäure in Erdsäure, und so fort. Darin ist es begründet, daß man der Torfsäure so selten begegnet (Mulder).

Auch die eiweißartigen Körper können durch Verwesung in die Säuren der Dammerde verwandelt werden. Neben Dammsäure, Quellsatzsäure und Quellsäure entsteht dann Ammoniak. Ammoniak ist diejenige Basis, zu welcher die Säuren der Dammerde die innigste Verwandtschaft haben (Mulder).

Wenn die Dammsäure und die übrigen Glieder dieser Reihe im Erdreich verweilen, ohne von den Pflanzen aufgenommen zu werden, dann schreitet bei gehörigem Zutritt der Luft die Verwesung immer weiter fort. Die Quellsatzsäure und die Quellsäure, die ihre Namen dem Auftreten in Quellwasser verdanken, zerfallen zuletzt in Kohlensäure und Wasser. Alle jene Säuren enthalten nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Wenn sie sich mit Sauerstoff sättigen, gehen sie deshalb auf in Kohlensäure und Wasser.

Die Verwesung verwandelt sich in Vermoderung, wenn eine Wassersäule den Zutritt der Luft erschwert. Darum zerfällt das Holz, das in Sümpfen sein organisches Gefüge verliert, nicht in Kohlensäure und Wasser, sondern in Kohlensäure und Sumpfgas. Das Sumpfgas ist eine Verbindung von Kohlenstoff und Wasserstoff, die keinen Sauerstoff enthält.

Unter günstigen Bedingungen verwest das Sumpfgas. Der Kohlenwasserstoff verbindet sich mit Sauerstoff und die Enderzeugnisse des Zerfalls sind wieder Kohlensäure und Wasser.

Ich habe bisher nur die wichtigsten Uebergangsstufen in meine Schilderung aufgenommen, welche die Bestandtheile von Pflanzen und Thieren bei der Fäulniß und Verwesung zurücklegen, bevor sie vollends zerfallen in Ammoniak und Stickstoff, in Kohlensäure, Wasser und Schwefelsäure. Man würde indeß irren, wenn man die erwähnten für die einzigen Uebergangsglieder halten wollte, welche die Gewebebildner mit den Endstufen des Zerfalls verbinden.

Die von mir gewählten Mittelstufen sind nur am besten bekannt und wirklich durch die natürlichen Vorgänge der Fäulniß und Verwesung zur Beobachtung gekommen. Andere Uebergangsglieder hat man wahrgenommen, indem man trockne Hitze auf die organischen Körper einwirken ließ. Allein diese trockne Hitze, die sogenannte trockne Destillation, ist nach Liebig's hübschem Vergleich nichts Anderes, als eine Verbrennung im Innern eines Stoffs, bei welcher ein Theil des Kohlenstoffs auf Kosten des eigenen Sauerstoffs des betreffenden Körpers verbrennt, während nebenher wasserstoffreiche Verbindungen gebildet werden. Die Folge der trocknen Hitze ist eine unvollständige

Verwesung, sie läßt sich mit der Vermoderung vergleichen.

Aus diesem Gesichtspunkt verdienen die Erzeugnisse der trocknen Hitze nicht blos die Beachtung des Scheidekünstlers, der es sich zur Aufgabe macht, alle Veränderungen des Stoffs unter den verschiedensten Verhältnissen zu erforschen, sondern ebenso die Aufmerksamkeit desjenigen, dem es um die Gesetze des natürlichen Zerfalls der organisirten Materie zu thun ist. So haben wir es den Bemühungen Anderson's zu verdanken, daß wir als Erzeugnisse der Knochen, die trocknet Hitze unterworfen wurden, eine Reihe von flüchtigen Basen kennen, die nur aus Stickstoff, Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Unter diesen Basen finden wir zunächst denselben Körper, der auch im stinkenden Gänsefuß entdeckt worden*), ferner die Holzgeistbasis**) und die Butterfettbasis***). Von diesen Basen ist die letztgenannte im Vergleich zum Stickstoffgehalt am reichsten an Kohlenstoff und Wasserstoff, die Holzgeistbasis die ärmste, während die Gänsefußbasis in der Mitte steht. Nach Anderson's Untersuchungen scheint auch die Weingeistbasis†),

*) Propylamin oder Trimethylamin.
**) Methylamin.
***) Butylamin oder Petinin.
†) Aethylamin.

welche die Lücke zwischen der Holzgeistbasis und der Gänsefußbasis ausfüllt, unter den Stoffen, welche die trockne Hitze aus Knochen hervorbringt, nicht zu fehlen.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß diese stickstoffhaltigen Basen, welche selbst die größte Aehnlichkeit mit dem Ammoniak besitzen und deshalb von Wurtz auch zusammengesetzte Ammoniakarten genannt wurden, als Uebergangsglieder von der leimgebenden Grundlage der Knochen zu Ammoniak, zu Kohlensäure und Wasser zu betrachten sind. Unter diesen Uebergangsgliedern steht aber offenbar dasjenige dem ursprünglichen Gewebebildner am nächsten, das im Verhältniß zum Stickstoff am meisten Kohlenstoff und Wasserstoff enthält, also die Butterfettbasis.

Die Basen des Butterfetts, des Gänsefußes, des Weingeistes und des Holzgeistes bilden eine fortlaufende Reihe, in welcher jedes spätere Glied von dem nächst vorhergehenden um den Wenigergehalt von Einem Atom Kohlenstoff und Zwei Atomen Wasserstoff verschieden ist. Ebenso folgen sich die stickstofffreien flüchtigen Säuren, die Ziegensäure, die Schweißsäure, die Käsesäure und die Buttersäure, denen sich noch die Butteressigsäure, die Essigsäure und Ameisensäure anschließen. In dieser Reihenfolge nehmen Kohlenstoff und Wasserstoff schrittweise um die gleiche Atomzahl ab, während die Atomzahl des Sauerstoffs

dieselbe bleibt, so daß also im Verhältniß zum Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff die genannten Körper von der Ziegensäure bis zur Ameisensäure immer sauerstoffreicher werden. Der Scheidekünstler nennt die Körper, welche jenen Reihen angehören, gleichartige Stoffe. *)

Die Erkenntniß solcher und ähnlicher Reihen schließt uns das Verständniß für die allmälige rückgängige Bewegung auf, welche die organischen Stoffe von Pflanzen und Thieren in Bestandtheile des Luftgürtels verwandelt. Beinahe täglich mehren sich die Zwischenstufen, welche uns dieses Entwicklungsleben des Stoffs beleuchten. Und es kann nicht fehlen, unsere wissenschaftlichen Errungenschaften der letzten Jahre weisen immer deutlicher darauf hin, daß wir zuletzt alle diese Mittelglieder in ebenso natürliche Reihen werden einordnen können, wie schon jetzt die flüchtigen Fettsäuren und die flüchtigen Basen.

Hier, wie bei der Rückbildung im Leib von Pflanzen und Thieren, begegnen wir demselben Gesetze. Wir sehen die organischen Stoffe um so deutlicher ausgeprägte basische und saure Eigenschaften annehmen, je tiefer die Stufe des Zerfallens liegt, auf der sie sich befinden. Der organische Stoff verwandelt sich

*) Homologe Verbindungen.

zuletzt in Kohlensäure, Schwefelsäure und Ammoniak. Nur das Wasser behauptet überall das mittlere Verhalten, vermöge dessen es bald die Rolle einer Basis, bald die einer Säure spielen kann (H. Rose).

Im Eingang dieser Entwicklung habe ich bemerkt, daß der Stoff nach dem Tode anderen Stufen entlang als im Leben seinem Untergange zugleitet. Man darf dies nicht so verstehen, als wenn die hier besprochenen Uebergangsglieder niemals im Leben vorkämen. Lernten wir doch schon eine der oben erwähnten flüchtigen Basen im stinkenden Gänsefuß kennen. Frerichs und Städeler haben Käseweiß in den Blutgefäßdrüsen, in den Speichel- und Bauchspeicheldrüsen, in kranken Lebern und in krankem Gehirn nachgewiesen; Cloëtta fand es in gesunden Lungen; Scherer, Virchow, von Gorup-Besanez haben Gelegenheit genommen, einen Theil dieser Angaben zu bestätigen. Hornglanz wurde in der Milz, in der Bauchspeicheldrüse und in einer kranken Leber gefunden.

Unter ungewöhnlichen Verhältnissen treten die Stoffe, die sonst nur aus Fäulniß und Verwesung oder aus einer Gährung hervorgehen, auch im lebenden Körper auf, und zwar in reichlicher Menge. Frerichs hat eine Arbeit geliefert, die ein glänzendes Denkmal

ist für die Erfolge, welche die Lehre der Krankheiten erzielen kann, wenn sie von einem durch und durch gebildeten Naturforscher mit ebenso beharrlichem als fruchtbarem Geiste gepflegt wird. Die Vergiftung des Bluts in einem Nierenleiden, das den Namen Bright berühmt gemacht hat, kann öfters darin begründet sein, daß der Harnstoff, dessen Ausscheidung durch den Harn bedeutend abnimmt, im Blut zurückgehalten wird und dort eine Umsetzung erleidet, bei welcher derselbe unter Aufnahme von Wasser in Kohlensäure und Ammoniak zerfällt, gerade so wie es sonst mit entleertem Harnstoff geschieht. Das kohlensaure Ammoniak kann sich so im Blute anhäufen, daß es in die ausgeathmete Luft übergeht, in der es mit den einfachsten Hülfsmitteln nachgewiesen werden kann. Durch Einspritzung einer Lösung von kohlensaurem Ammoniak in das Blut von Hunden konnte Frerichs alle dieselben Vergiftungszufälle erzeugen, welche die Bright'sche Nierenkrankheit lebensgefährlich machen.

Nach dem Tode, wie im Leben, giebt der Sauerstoff der Luft den häufigsten Anstoß zur Rückbildung. Verwesung, Vermoderung, Athmung sind langsame Verbrennungsvorgänge, in welchen der Sauerstoff unmittelbar auf den zerfallenden Körper einwirkt oder vielmehr das Zerfallen bedingt, indem er sich mit dem ursprünglichen Körper verbindet.

Es giebt aber eine Reihe von Fällen, in welchen der Sauerstoff mittelbar in einem Körper Zersetzung hervorruft, indem er mit einem andern eine Verbindung eingeht.

Wenn ein Gemenge von Käsestoff und Butter der Luft ausgesetzt wird, dann erleidet der Käsestoff eine Umsetzung, welche der Sauerstoff einleitet. Aus dem Käsestoff geht dabei Käseweiß hervor, welches nachträglich zu Baldriansäure und Buttersäure verbrannt wird. Während sich auf diese Weise der Käsestoff umsetzt, ist aber nicht etwa ruhiges Gleichgewicht in den feinsten Stofftheilchen der Fette der Butter vorhanden. Diese Fette bestehen aus Verbindungen verschiedener Fettsäuren, der Oelsäure, der Perlmutterfettsäure, der Muskatbuttersäure*), der Ziegensäure, der Schweißsäure, Käsesäure und Buttersäure mit Oelsüß**). Man bezeichnet diese Verbindungen als Oelstoff***), Perlmutterfett ****), Ziegenfett †, Schweißfett††), Käsefett†††) und Butterfett ††††). In Folge der Zersetzung des Käsestoffs werden jene

*) Myristinsäure.
**) Glycerin.
***) Elain.
****) Palmitin.
†) Caprinin.
††) Caprylin.
†††) Capronin.
†††† Butyrin.

Verbindungen in die betreffenden Fettsäuren und in Oelsüß zerlegt. Dadurch werden die flüchtigen Fettsäuren, Ziegensäure, Schweißsäure, Käsesäure, Buttersäure in Freiheit gesetzt, und ihnen verdankt der Käse seinen eigenthümlich scharfen Geschmack.

Bei diesem Vorgang verbinden sich die Erzeugnisse der Zersetzung des Käsestoffs nicht mit denen der Spaltung der Fette. Wir haben es, nach einer schon von Willis und Stahl vertretenen, von Liebig mit genialstem Scharfsinn durchgeführten Auffassung, mit einer Bewegung der feinsten Stofftheilchen des Käsestoffs zu thun, die sich auf die Fette überträgt. Und darin, daß dies geschieht, ohne daß sich die Erzeugnisse der beiden Stoffe mit einander verbinden, sucht Liebig das Hauptmerkmal der Gährung.

So sollte es auch bei der weinigen Gährung geschehen, die darin bestände, daß ein in Zersetzung begriffener Körper seine Bewegung auf Traubenzucker überträgt, in deren Folge dieser in Weingeist und Kohlensäure zerfällt. In dem Bewegung erregenden Körper sollte die Umsetzung, die den Anstoß zur Gährung giebt, durch Sauerstoff erzeugt werden. Dieser Gährung erregende Körper heißt Hefe.

Die Ansicht, daß der Sauerstoff zur Thätigkeit der Hefe den Anstoß gebe, war einer Beobachtung

von Gay-Luſſac entſprungen, die einfacher zu ſein ſchien, als ſie wirklich war.

Gay-Luſſac hatte nämlich in Erfahrung gebracht, daß Traubenſaft nicht gährt, wenn er ohne allen Luftzutritt aufgefangen und aufbewahrt wird, daß dagegen die Zufuhr einer kleinen Menge Luft oder Sauerſtoff genügt, um die Gährung einzuleiten. Nachher kann man die Luft abſchließen und die Gährung ſchreitet unbehindert fort.

Aber die Luft, von deren Reinheit ſo viel gefabelt wird, war in den Händen eines hochberühmten Scheidekünſtlers, trotz der großen Sorgfalt, welche Scheidekünſtler darauf verwenden, um mit reinen, unvermiſchten Stoffen von bekannter Zuſammenſetzung zu arbeiten, kein reines Prüfungsmittel. Die Kenntniß des chemiſchen Gemenges, welches die Luft darſtellt, genügte nicht, um deren Einwirkung auf den Traubenſaft zu erklären.

In der Luft und vollends in Luft, welche Trauben umgiebt, ſchweben zahlreiche Pilzchen, deren Leben im Traubenſaft die Gährung einleitet und erhält, ſo lange im Saft geeignete Nahrung für jene Pilzchen*) vorhanden iſt. Wenn man eine Traube wäſcht, dann findet man in dem Waſchwaſſer eine Menge

*) Saccharomyces ellipsoideus. Rees.

von Pilzchen und Keimkörnern*), wie sie eben zur Natur der Hefe gehören.

Pasteur, der dies Verhalten am sorgfältigsten und erschöpfendsten erforscht hat, sah die Weinhefe sich entwickeln und Gährung erfolgen, wenn er gekochten und filtrirten Most mit einigen Tropfen des Waschwassers von Traubenbeeren versetzte. Dagegen trat in Vergleichsproben desselben gekochten und filtrirten Mostes keine Gährung ein, wenn er unvermischt blieb, wenn das Wasser, mit dem die Trauben gewaschen worden, vor dem Zusatz zum Moste gekocht hatte, oder endlich wenn statt dieses Waschwassers ein Tropfen Saft aus dem Inneren nicht zerquetschter Weinbeeren zugesetzt wurde.

Diese Erfahrungen erklären die Beobachtung Béchamp's, daß der Ueberzug der Trauben genügt, um beim Abschluß der Luft in Zuckerwasser Gährung zu bewirken. Die Wirkung geht nicht vom Sauerstoff aus, sie wird durch das Leben der Pilzchen eingeleitet, die der Luft oder der Oberfläche der Trauben entstammen.

Nach Pasteur wäre die Gegenwart von freiem Sauerstoff der Gährung sogar eher schädlich als nützlich. Und dennoch seien die Gährungspilze, um sich

*) Sporen.

am Leben zu erhalten, auf eine Zufuhr von Sauerstoff angewiesen, aber sie entnehmen ihn dem Zucker selbst.

Es wird nämlich nicht aller Zucker bei der Gährung gerade auf in Alkohol und Kohlensäure zerlegt. Schon im Jahre 1848 hat Carl Schmidt, der berühmte Dorpater Chemiker, gezeigt, daß bei jeder Gährung auch Bernsteinsäure gebildet wird. Später hat man durch Pasteur erfahren, daß neben dieser Bernsteinsäure immer auch Oelsüß entsteht.

Wenn aber Zucker in Bernsteinsäure und Oelsüß zerfällt, dann wird neben Kohlensäure auch Sauerstoff frei.*) Zu diesem Sauerstoff soll nach Pasteur die Hefe so große Anziehungskraft besitzen, daß sie das Gleichgewicht, in welchem die Stofftheilchen zu Zucker verbunden sind, verbricht und, ohne daß der Zucker mit irgend einem anderen Stoffe eine Verbindung eingeht, dessen Zerlegung in Alkohol, Kohlensäure, Bernsteinsäure und Oelsüß veranlaßt.

Merkwürdig bei diesem Vorgang ist es, daß so große Mengen Alkohol und Kohlensäure aus dem Zucker gebildet werden, und daneben so wenig Bernstein-

---

*) Zucker Wasser Bernsteinsäure Oelsüß (Glycerin) Kohlensäure Sauerstoff

$$4C_6H_{12}O_6 + 3H_2O = C_4H_6O_4 + 6C_3H_8O_3 + 2CO_2 + O.$$

Nach Monoyer. Vgl. Schützenberger, les fermentations. Paris 1875, p. 23.

säure und Oelsüß entstehen, daß die ganze Zerlegung nur eine sehr geringe Menge freiwerdenden Sauerstoffs der Hefe zur Verfügung stellt. Es zerfallen nämlich nur etwa 4 Hundertstel des gährenden Zuckers in Oelsüß und Bernsteinsäure, und nur der fünfzigste Theil dieser 4 Hundertstel, also $\frac{1}{1250}$ der ganzen Zuckermenge ist das Gewicht des entbundenen Sauerstoffs.

Noch merkwürdiger scheint es auf den ersten Blick, daß jene Sauerstoffgier der Hefe, welche die weinige Gährung des Zuckers veranlassen soll, durch die Gegenwart von freiem Sauerstoff nicht befriedigt wird. Denn wenn auch der Luftzutritt nach Pasteur nicht nöthig ist, um die Gährung zu unterhalten, so wird sie doch durch die Gegenwart der Luft nicht aufgehoben. Nach Mayer's Versuchen ist aber die Anwesenheit von Sauerstoff für die Gährung gleichgültig, insofern sie die Zerlegung des Zuckers weder beschleunigt noch hemmt.

Diese Unwirksamkeit des freien Sauerstoffs steht aber mit Pasteur's Ansicht vom Wesen der Gährung durchaus nicht in nothwendigem Widerspruch. Man braucht nur anzunehmen, daß es freiwerdender, nicht längst freigewordener Sauerstoff ist, den die Hefe aus dem Zucker schöpfen muß, um Gährung einzuleiten, dann ist die Gleichgültigkeit des Luftzutritts für den eigentlichen Vorgang befriedigend erklärt.

Es kann auch nicht weiter auffallen, daß eine reichliche Einwirkung von freiem Sauerstoff das Wachsthum der Hefe begünstigt, aber auf Kosten der Zerlegung des Zuckers.

Nach Pasteur giebt es eine Grenze, an welcher der Einfluß des freien Sauerstoffs es bedingt, daß beinahe ebenso viel Hefe gebildet als Zucker zerlegt wird.

Es wird also durch reichliche Zufuhr freien Sauerstoffs die Ernährungsrichtung der Hefe und ihre Thätigkeit verändert, ähnlich wie ein Thier, dessen Lungen mit Sauerstoff überfüllt sind, eine Zeit lang zu athmen aufhört*) und die Neigung zu Krämpfen verliert (Leube).

Wenn dies innerhalb gewisser Grenzen der Sauerstoffzufuhr mit der Hefe nicht geschieht, so liegt das, wie Pasteur deutlich ausgesprochen und Mayer durch Versuche bewiesen hat, daran, daß die Hefe jenen freien Sauerstoff nicht benützt; ihre Gier ist auf frei werdenden Sauerstoff gerichtet. Und dies wäre eine Thatsache, welche einer Erklärung nicht mehr und nicht minder zugänglich ist, als jene andere, daß sich Chlor und Sauerstoff nur im werdenden Zustande mit einander verbinden, wie sich Stickstoff nur mit Wasserstoff zu Ammoniak vereinigt, wenn dieser im Entbinden begriffen ist.

*) Apnoe.

Daß die Hefe, die einen Theil des im Zucker gebundenen Sauerstoffs sich anzueignen vermag, auch aus lockeren Verbindungen den Sauerstoff anzieht, ist hiernach nicht zu verwundern. Schützenberger hat uns davon ein Beispiel am Blutroth kennen gelehrt. Man braucht nur etwas Hefe in schlagaderlichem Blut zu zertheilen, um dieses in kurzer Zeit schwarzroth werden zu sehen. Schüttelt man dann solches Blut mit Luft, so wird es wieder hellroth, weil sich der Blutkörperchenstoff*) mit dem Sauerstoff verbindet, den ihm die Hefe später wieder entzieht.

Die alkoholische Gährung erfolgt am leichtesten bei einer Wärme von 25 bis 30° und in einer sauren Flüssigkeit.

Traubenzucker, Fruchtzucker, die aus Milchzucker unter Einwirkung von Säuren hervorgehende Zuckerart**) sind dieser Gährung fähig, andere Zuckerarten, wie der Rohrzucker, nur insofern sie in einen der genannten Zuckerstoffe übergehen können.

Milchzucker als solcher geht keine alkoholische Gährung ein, ist aber in leicht alkalischer Flüssigkeit, zumal bei einer Wärme von 35°, sehr geneigt sich in Milchsäure zu verwandeln, unter der Bedingung, daß eine

*) Hämoglobin.
**) Lactose.

geeignete Hefe vorhanden ist, um diese neue Art von Gährung, die man Milchsäuregährung nennt, einzuleiten.

Für jene Hefe hielt man früher den Käsestoff der Milch, der durch Sauerstoff zu verwesen begann.

Wenn die Milch sauer wird — so lehrte Liebig — dann ist es mittelbar der Sauerstoff der Luft, welcher das Zerfallen des Milchzuckers bedingt. Der Sauerstoff setzt die Bestandtheile des Käsestoffs in Bewegung. Diese Bewegung pflanzt sich fort auf den Zucker der Milch. Der Milchzucker nimmt selbst keinen Sauerstoff auf. Er verwandelt sich erst in Milchsäure, welche in denselben Gewichtsverhältnissen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, wie der Milchzucker, besteht. Nur sind die einzelnen Stofftheilchen in der Milchsäure anders als im Zucker gelagert. Ein Theilchen Milchzucker zerfällt in zwei Theilchen Milchsäure, die zusammen ebenso viel wiegen, wie das Theilchen Milchzucker, aus dem sie hervorgingen. Schreite der Einfluß des in Bewegung begriffenen Käsestoffs fort, dann verwandle sich die Milchsäure in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff. Habe man aus der Milch durch Kochen den Sauerstoff entfernt, dann könne man dieselbe länger aufheben, ohne daß sie sauer wird. Es fehlte dann nach Liebig eben der Stoff, der den Käsestoff in Bewegung setzt.

Diese Säuerung der Milch, welche die Einwirkung des Sauerstoffs auf den Käsestoff vermitteln sollte, war ein Lieblingsbeispiel, um die Vorstellung zu unterstützen, nach welcher bei der Gährung ein in Umsetzung begriffener Stoff die Bewegung seiner kleinsten Theilchen auf einen anderen Stoff in seiner Nähe überträgt und, ohne ihm etwas Anderes als Bewegung mitzutheilen, dessen Zerlegung bedingt.

Nach der von Pasteur neubelebten Anschauung, die von Caguiard de Latour, von Schwann und anderen ausgezeichneten Forschern schon früher befürwortet wurde, müßte jene Umsetzung erzeugende Bewegung auf einen Lebensvorgang, das heißt auf die eigenthümliche Bewegungsform des Stoffwechsels eines niederen Organismus zurückgeführt werden.

Man muß gestehen, daß gerade die Milch eine Zeit lang sich dieser Vorstellung nicht anpassen ließ. Schröder und Von Dusch, denen es doch gelungen war, Fleischbrühe, Bierwürze, Harn, Stärkekleister, die vorher gekocht hatten, trotz Luftzufuhr unverändert zu erhalten, wenn nur die Luft vorher durch Baumwolle gezogen war und in dieser ihre organisirten Keime zurückgelassen hatte, konnten mit Milch den gleichen Erfolg nicht erzielen. Pasteur war anfangs nicht glücklicher. Er kam aber auf den Gedanken, daß die organisirten Gebilde, welche die Milchgährung

veranlassen, vielleicht der Siedhitze widerstehen, und um zu Grunde zu gehen, eines höheren Wärmegrads bedürfen. Und diese Voraussetzung fand sich bestätigt. Wenn die Milch, bevor sie in einem Glasballon, in den nur ausgeglühte Luft gelangen konnte, nicht blos zum Sieden, sondern bis zu 110° erwärmt worden war, dann konnte sie auf unbeschränkte Zeit im zugeschmolzenen Ballon, bei einer Wärme von 30° aufbewahrt werden, ohne Zersetzung, ohne in Geschmack und Geruch eine Aenderung zu erleiden, ohne Schimmelbildung, ohne Aufgußthierchen.

Nun galt es, die Gebilde kenntlich zu machen, welche durch ihren Stoffwechsel die Umsetzung des Milchzuckers in Milchsäure und Buttersäure bewirken.

Pasteur hat sich mit bewunderungswürdiger Ausdauer dieser Aufgabe gewidmet. Nach seinen Forschungen sind es den Hefezellen, welche die Weingährung bedingen, ähnliche, nur viel kleinere pflanzliche Gebilde, denen die Milchsäuregährung ihre Entstehung verdankt. Die kleinen Zellchen, die, in Masse gesehen, einen dünnen grauen Anflug bilden, in welchen nur ein wissenschaftlich spähendes Auge eine mächtige Hefe wittern konnte, bleiben häufig zu langen Ketten vereinigt, und zeigen, wenn sie getrennt sind, eine lebhafte zitternde und schwirrende Bewegung, die, weil sie an ähnlich kleinen Theilchen in dünnen Flüssig-

keiten eine allgemeine Erscheinung ist, nach ihrem Entdecker als Brown'sche Molecularbewegung bezeichnet zu werden pflegt.

So wird es erklärt, warum die Milch in der Brustdrüse nicht sauer wird, wo es ihr doch weder an alkalischer Beschaffenheit, noch an Käsestoff, weder an günstiger Wärme, noch an Sauerstoff gebricht.

Die Fähigkeit, unter der Einwirkung einer besonderen Art von Hefezellen in Milchsäure zu zerfallen, eignet nicht blos dem Milchzucker. Sie kommt ebenso dem Traubenzucker und dem Fruchtzucker zu.

Wenn dann die Milchsäure einer neuen Art von Hefe begegnet, die an der Grenze des Thier- und Pflanzenreichs steht, den sogenannten Zitterlingen*), dann zerfällt sie, ohne sich mit neuen Stoffen zu verbinden, in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff.

Während die Weinhefe und Milchsäurehefe aus rundlichen Zellen von verschiedener Größe bestehen, sind jene Zitterlinge, deren Stoffwechsel die Bildung der Buttersäure aus Milchsäure vermittelt, kleine Stäbchen, die etwa $^1/_{500}$ Millimeter breit, oft kaum länger als breit sind, bisweilen aber auch ihren Durchmesser an Länge zehn bis zwanzigmal Mal übertreffen. Ruhelosigkeit ist ihr Wesen, aber die Bewegung, die sie den Theilchen der Milchsäure bei ihrer Umsetzung

*) Vibrionen.

mittheilen, hat nur mittelbar mit ihrer bei hinlänglicher Vergrößerung sichtbaren Bewegung zu thun. Es handelt sich dabei um jene Bewegung auf unmeßbar kleine Entfernungen, die den Chemismus kennzeichnet, auch die Art von Chemismus, welche den Stoffwechsel der Zitterlinge ausmacht, und für welchen man ihre unter dem Vergrößerungsglas sichtbare Bewegung als Gesammtausdruck betrachten kann.

Alkalische Beschaffenheit der Flüssigkeit und mäßige, am besten bis zu 40° erhöhte Wärme begünstigen auch die Buttersäuregährung. Dagegen ist für sie, nach Pasteur's Versicherung, der freie Sauerstoff nicht blos gleichgültig, wie bei der weinigen Gährung, sondern geradezu schädlich, indem er die Zitterlinge tödtet.

So wie es mehrere Zuckerarten giebt, die der weinigen, und mehrere, die der Milchsäuregährung fähig sind, so steht auch die Milchsäure als Stoff der Buttersäurebildung nicht allein. Weinsäure, Aepfelsäure, Citronensäure, Schleimsäure können gleichfalls Buttersäuregährung erleiden, und diese Säuren sind an Eigenschaften und Zusammensetzung weit verschiedener als jene verschiedenen Zuckerarten.

Daß die weinige Gährung die Folge eines Lebensvorgangs, eines Zellenchemismus in der Hefe darstellt, wird weiter dadurch beurkundet, daß man in der Hefe, die bei der Gährung gedient hatte, ähnlich wie in

thierischen Geweben, Rückbildungserzeugnisse eiweißartiger Körper angetroffen hat. Béchamp hat Hornglanz und Käseweiß, Hesse eine schwefelhaltige Abart des Käseweißes, Schützenberger Harnoxydul darin gefunden*). Wir wissen, daß die Hefe bei der weinigen Gährung wachsen kann, obgleich schon aus Thénard's Versuchen hervorging, daß sie nicht nothwendig wächst; wir wissen, daß sie athmet; wir können daher mit Recht einen Theil der Wärme, die bei der Gährung frei wird, auf Ernährungs- und Rückbildungsvorgänge der Hefe selbst zurückführen.

Eiweißkörper, die eine Umsetzung erlitten haben, in deren Folge sie leicht durch Zellwände hindurchwandern**), Ammoniaksalze, salpetersaure Salze, ein Theil des Zuckers, der der Gährung entgeht, ververschiedene anorganische Stoffe, unter denen namentlich phosphorsaures Kali unentbehrlich ist, bilden die Nahrungsstoffe der Hefe.

Ihren Stickstoff können die Hefezellen aus Ammoniak, aus Salpetersäure oder aus eiweißartigen Stoffen beziehen. Daher können Eiweiß, Ammoniak, Salpetersäure bei der Ernährung der Hefe einander vertreten. Duclaux hat mit der Wage gezeigt, daß der Ge-

*) Schützenberger, a. a. O. S. 117, 119, 122.

**) Peptone. Vgl. Schützenberger, a. a. O. S. 74.

halt an stickstoffhaltigen Verbindungen in der Hefe zunimmt, der er nur Zucker und weinsaures Ammoniak zur Verfügung gestellt hatte.

Sind nun aber wirklich die Hefezellen bei der weinigen Gährung, die Zitterlinge bei der Buttersäuregährung unersetzliche Vermittler des Zerfallens des Zuckers oder der Milchsäure?

Die Wissenschaft ist in der glücklichen Lage, auf diese Frage nicht blos mit Vergleichen, sondern mit Thatsachen zu antworten.

Was zunächst die weinige Gährung betrifft, so haben die Versuche von Bellamy und Lechartier gelehrt, daß die Zellen einer großen Anzahl von Früchten, obgleich sie keine Spur von Hefezellen beherbergen, beim Abschluß der Luft den Zucker ganz nach Art der Hefezellen zum Gähren bringen.

Nicht blos Birnen und Aepfel, Kirschen und Johannisbeeren besitzen solche Zellen, auch Citronen und Kastanien, Weizen und Leinsamen, ja außer den Früchten noch andere Pflanzentheile, wie zum Beispiel Kartoffeln.

So ist es denn nicht auffallend, wenn dieselbe Mandelhefe, welche den Mandelstoff in Zucker, Bittermandelöl und Blausäure zerlegt, auch das Zerfallen des Traubenzuckers in Alkohol und Kohlensäure zu bewirken vermag. Wenn süße Mandelmilch mit

Traubenzucker versetzt wird, dann tritt nach einiger Zeit eine lebhafte weinige Gährung auf.*)

Von der Buttersäure ist es bekannt, daß sie nicht blos durch Gährung und Fäulniß, sondern zum Beispiel aus eiweißartigen Körpern durch Oxydation mit Braunstein und Schwefelsäure entstehen kann. Hier wird also der Chemismus der Zitterlinge durch anorganische Stoffe ersetzt, ähnlich wie die Einwirkung der Mandelhefe, insofern sie den eigenthümlichen Stoff der Weidenrinde, das Salicin, in Saligenin und Zucker spaltet, durch verdünnte Schwefelsäure in der Siedhitze ersetzt werden kann.

Es ist doch wohl nur eine von den jugendlichen Erfahrungen, welche die immer junge Wissenschaft nicht selten durchzumachen hat, wenn wir mit dem Zucker selbst, mit Rücksicht auf die weinige Gährung, nicht ebenso weit gekommen sind, daß wir den Chemismus von Pflanzenzellen durch anorganische Stoffe zu ersetzen wissen. Wir haben es uns lange vorgesungen, daß man die Gesetze des Zerfallens immer früher als die des Aufbaus erkennt, und doch ist der künstliche Aufbau des Alkohols ermittelt, während wir das Zerfallen des Zuckers in Alkohol, Kohlensäure,

*) Liebig, Ueber Gährung, über Quelle der Muskelkraft und Ernährung. Leipzig und Heidelberg. 1870, S. 5.

Bernsteinsäure und Oelsüß nur erst als die Folge eines zusammengesetzten Chemismus kennen, der das Leben von Pflanzenzellen kennzeichnet.

Was die letzteren bei der weinigen Gährung leisten, wird in ähnlicher Weise von thierischen Zellen bei der Fäulniß bewirkt. Wenn Blut geronnen und das aus dem Kuchen ausgesickerte Blutwasser*) rein gesammelt wird, was leicht gelingt, wenn man eine Probe des Blutwassers einen oder einige Tage stehen läßt, um die Blutkörperchen absitzen zu lassen, dann kann man das Blutwasser Tage und Wochen lang in einem offenen Gefäße aufheben, ohne daß es eine Spur von Fäulniß zeigt, während sich diese sehr bald einstellt, wenn Blutkörperchen durch das Blutwasser vertheilt sind. Nach Pasteur freilich erfolgt auch letzteres nur, wenn Keime der Luft sich den Blutbestandtheilen zumischen, da er das ganze Blut, mitsammt Körperchen und Faserstoffbildnern, wie es aus dem Körper floß, in ausgeglühte Glasballons auffangen und mit ausgeglühter Luft darin einschließen konnte, ohne daß es in langer Zeit eine faulige Zersetzung erlitt.

Pasteur und viele andere Forscher haben deshalb die allgemeine Lehre aufgestellt, daß Gährung und Fäulniß ohne Vermittlung lebender Zellen nicht möglich sind.

*) Blutserum.

Daß die Mehrzahl der Fälle in dieser allgemeinen Regel begriffen ist, läßt sich kaum mehr bezweifeln, und ebenso wenig, daß unter dem Einfluß von Hefezellen und Zitterlingen bei geeigneter Wärme die in Rede stehenden Vorgänge am schnellsten verlaufen.

Aber es gibt denn doch Ausnahmen und Uebergänge, vor denen man das Auge nicht verschließen darf.

Gayon, ein junger französischer Forscher, ein Schüler und Gehülfe Pasteur's, der sich zu dessen Lehre bekennt, hat in der Regel in verdorbenen Eiern Zitterlinge entdeckt, deren Zahl zum Grade der Fäulniß in einem gewissen Verhältniß stand. Aber es ist eben Gayon einige Male begegnet, daß in Eiern, die eine Zeit lang der Wärme von 25° ausgesetzt waren, einerlei ob sie geschüttelt oder nicht geschüttelt worden, eine Zersetzung vor sich gegangen war, in deren Folge große Mengen von Hornglanz und Käseweiß gebildet waren, ohne daß es ihm gelang, eine Spur von lebenden Wesen in dem schmutziggelben, dünnflüssigen Inhalt der Eier zu entdecken.*)

Man kann über diese Ausnahme nicht staunen, wenn man weiß, daß auch Kalilauge oder mäßig verdünnte Schwefelsäure im Stande sind, die Bildung von Käseweiß und Hornglanz aus eiweißartigen Körpern zu bewirken.

*) Schützenberger, a. a. O. S. 189, 190.

Aber Donné und Béchamp gehen noch einen Schritt weiter. Nach Donné macht es einen großen Unterschied, ob die Eier, die man untersuchen will, eine Erschütterung erlitten haben, die ihren Inhalt gewissermaßen zerreißt und durch einander mengt, oder nicht. Im letzteren Falle lassen sie sich Monate lang, selbst während des Sommers, aufbewahren, ohne zu verderben. Sind sie dagegen bis zu dem eben bezeichneten Grade geschüttelt worden, dann kann man sie sogar mit Schießbaumwolle, die in Aether gelöst ist*), überziehen, und dennoch tritt nach längstens einem Monat die Fäulniß ein. Oeffnet man ein solches Ei, dann findet man einen trüben, bleigrauen, stinkenden Inhalt, aber Donné fand keine Spur von organisirten Gebilden darin vor, ebenso wenig wie Béchamp oder Gayon in seinen Ausnahmsfällen, die er von der eigentlichen Fäulniß unterschieden wissen will.

Angaben von einem Forscher, der in der Handhabung des Mikroskopes so erfahren ist wie Donné, lassen sich nicht von der Hand weisen.

Wenn aber das Leben stofflich auf Körper einwirkt, die sich dadurch auszeichnen, daß ihre Zusammensetzung leicht verändert wird, wenn dieses Leben Stoffwechsel, eine bestimmte Form von stofflicher Be-

*) Collodium.

wegung ist, warum sollte es da unmöglich sein, daß andere, nicht an einen Lebensvorgang geknüpfte Bewegungen ein ähnliches Zerfallen organischer Stoffe hervorbringen?

Schon oben begegnete uns im Bitterstoff der Weidenrinde das Beispiel eines Körpers, der nicht blos durch Mandelhefe in Zucker und Saligenin zerfällt, sondern auch, wenn man ihn mit verdünnter Schwefelsäure sieden läßt.

Der Rohrzucker liefert ein noch vielseitigeres Beispiel. Er ist als solcher der weinigen Gährung nicht fähig, wird aber durch verschiedene Mittel, indem er Wasser aufnimmt, in zwei neue Zuckerarten zerlegt*), die beide gährungsfähig sind, wenn auch die eine in höherem Grade als die andere. Die eine von diesen Zuckerarten ist keine andere als wasserfreier Traubenzucker, die andere, in den Gewichtsverhältnissen des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Sauerstoffs mit Traubenzucker übereinstimmend, unterscheidet sich von diesem dadurch, daß sie die Ebene des polarisirten Lichtes nicht nach rechts, sondern nach links ablenkt, weshalb sie als linksdrehender Fruchtzucker**), auch schlechtweg als Fruchtzucker bezeichnet wird.

---

*) Rohrzucker Wasser Traubenzucker Linksdrehender Fruchtzucker
$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$.
(Dubrunfaut).

**) Levulose.

Man kann offenbar diese von Dubrunfaut entdeckte Spaltung des Rohrzuckers in Traubenzucker und Fruchtzucker mit dem Zerfallen dieser beiden Zuckerarten bei der weinigen Gährung vergleichen.

Um aber den Rohrzucker in Traubenzucker und Fruchtzucker zu zerlegen, sind nicht mehr die Hefezellen nöthig. Es genügt dazu ein stickstoffhaltiger, in Wasser löslicher Stoff, der in den Hefezellen gebildet wird und der in hinlänglicher Menge in dem Waschwasser der Hefe vorkommt. Berthelot, der die Wirksamkeit dieses stickstoffhaltigen Bestandtheils der Hefe in ihrer Unabhängigkeit vom Leben der Hefezellen erkannte, nennt ihn Umsatzhefe.*)

Der Gegenwart dieses Bestandtheils in der Hefe verdankt der Rohrzucker seine mittelbare Gährungsfähigkeit. Die Umsatzhefe vermittelt erst die Spaltung des Rohrzuckers in Traubenzucker und Fruchtzucker, dann gährt unter dem Einfluß der Hefezellen zunächst der Traubenzucker, und nach ihm erleidet auch der Fruchtzucker die alkoholische Gährung.

Wenn uns aber die Umsatzhefe für die Zerlegung des Rohrzuckers in zwei gährungsfähige Zuckerarten vom Leben der Hefezellen unabhängig macht, wir können die Umsatzhefe selbst durch weit einfachere Mittel

*) Ferment inversif, Berthelot, Zymase, Béchamp.

ersetzen. Verdünnte anorganische und organische Säuren bewirken schon bei gewöhnlicher Wärme, wenn auch schneller bei höheren Wärmegraden, die gleiche Spaltung des Rohrzuckers. Es genügt dazu, eine wässrige Lösung desselben eine Zeit lang im Sieden zu erhalten. Es genügt, den Rohrzucker trocken eine Zeit lang bei 160° zu erhitzen oder seine Lösung dem Licht auszusetzen. Ja, wenn man Rohrzucker zu Pulver zerreibt, wird eine kleine Menge desselben in Traubenzucker und Fruchtzucker zersetzt.

Von der organischen Erzeugung der Umsatzhefe an, werden wir an der Hand der Säuren, der Wärme und des Lichts, zur einfach mechanischen Erschütterung der Zuckertheilchen heruntergeführt, als wenn uns die Natur den Weg vorgezeichnet, diese Form der Gährung im Sinne von Willis und Stahl, von Liebig und Gerhardt als eine übertragene Bewegung zu betrachten. Wenn wir auch in den meisten Fällen, um den Vermittler der Bewegung zu finden, zum Chemismus eines Lebensvorgangs hinaufsteigen müssen, so wird dadurch der mechanische Grundgedanke über das Wesen der Gährung nicht angefochten.

Die Aehnlichkeit der verschiedenen Eingriffe, die den Rohrzucker in Traubenzucker und Fruchtzucker spalten, ist allerdings äußerlich eine sehr geringe. Ein stickstoffhaltiger Bestandtheil der Hefezellen, verdünnte

Säuren, Licht und Wärme, mechanische Erschütterung, sie alle führen zu Einem Ziel, das aber viel weniger räthselhaft geworden, seitdem der Geist der neuesten Naturforschung den Gedanken der Umwandlung der Kräfte als Umwandlung einer Bewegungsform in die andere auffaßt.

Wenn die Umsetzung auf eine Oxydation, auf eine Verwesung nach Liebig's Bestimmung hinausläuft, da ist die Aehnlichkeit, bei aller Verschiedenheit der äußeren Mittel, leichter zu erkennen.

So zum Beispiel bei der Essigbildung. Wenn Ein Massentheilchen Alkohol sich mit Zwei Atomen Sauerstoff verbindet, so geht daraus ein Massentheilchen Essigsäure nebst Wasser hervor*). Der Sauerstoff muß aber dem Alkohol auf besondere Weise zugeführt werden, denn einfach mit Luft oder Sauerstoff geschüttelt, geht Alkohol nicht in Essigsäure über.

Wenn Bier oder Wein sauer werden, dann ist es das Leben eines besonderen Pilzes, des sogenannten Essigpilzes**), welches dem Alkohol den Sauerstoff darbietet, der ihn in Essigsäure und Wasser verwandelt. Weil aber Platinmohr, in dessen Poren sich Sauerstoff verdichtet, dieselbe Wirkung auf Alkohol

*) Alkohol Sauerstoff Essigsäure Wasser
$C_2H_6O + O_2 = C_2H_4O_2 + H_2O$.

**) Mycoderma aceti, Essigmutter, Essigkahm.

ausübt, so nimmt man an, daß auch die Essigpilze verdichteten Sauerstoff an den Alkohol übertragen.

Die Verschiedenheiten in beiden Vorgängen sind mehr untergeordneter Natur. Sie hängen von den besonderen Umständen ab. So begreift man, daß Platinmohr leichter auf starken Alkohol einwirkt, und daß eine Wärme über 35° dessen Oxydation begünstigen kann, während, wenn das Leben des Essigpilzes den Vorgang einleitet, die Flüssigkeit nicht über zehn Hundertstel Alkohol enthalten darf, damit die eiweißartigen Bestandtheile des Pilzes nicht gerinnen, und eine Wärme von 20 — 30 Grad günstiger ist (Mayer).

Für die Betrachtung dieser Vorgänge aus einem allgemeinen Gesichtspunkt bleibt es die Hauptsache, daß der durch Platinmohr verdichtete Sauerstoff den Essigpilz vertreten kann. Entsteht ja doch die Essigsäure außerdem durch die innere Oxydation, die bei der trocknen Destillation des Holzes stattfindet, und nicht minder bei heftiger Einwirkung des Sauerstoffs auf eiweißartige Körper, zum Beispiel bei deren Behandlung mit Braunstein und Schwefelsäure.

Natürlich raubt diese Vertretbarkeit der Essigpilze ihnen nichts von ihrer Wirksamkeit, wenn sie die Rolle der Sauerstoffübertragung spielen sollen, ohne daß ihre Vertreter zur Hand sind. In diesem Sinne verdient ein viel besprochener Versuch Pasteur's

alle Beachtung, obwohl er nur ein anderer Ausdruck für den Satz ist, daß der Sauerstoff, so wie er in der Luft vorhanden ist, nicht ohne Weiteres essigbildend auf den Alkohol einwirkt. Man hatte eine Zeit lang geglaubt, daß bei der Schnellessigbereitung die Hobelspäne, über welche man den verdünnten Weingeist tropfen läßt, durch die Vergrößerung der Oberfläche die Einwirkung der Luft begünstigten. Pasteur hat aber dargethan, daß es sich hierbei nur um den Einfluß der Essigmutter handelt, welche die Hobelspäne überzieht. Denn wenn man solch verdünnten Weingeist an einer Schnur so langsam abtropfen läßt, daß etwa alle 2 bis 3 Secunden ein Tropfen herunterfällt, so kann man dies einen Monat und länger währen lassen, ohne daß Essigsäure gebildet wird, was gleich erfolgt, wenn die Schnur vorher mit einer dünnen Schicht von Essigkahm überzogen wurde (Pasteur).

Bei der Bildung von Essigsäure aus Alkohol, wird von diesem Sauerstoff aufgenommen und Wasser abgegeben. Wenn Traubenzucker bei der Gährung in Alkohol, Kohlensäure, Bernsteinsäure und Oelsüß zerfällt, handelt es sich um eine reine Zerlegung, ohne daß der Zucker vorher irgend etwas aufnahm, weder Wasser noch Sauerstoff. Dagegen nimmt Rohrzucker, wenn er in Traubenzucker und Fruchtzucker zerfallen soll, zuvor Wasser auf.

Diese Wasseraufnahme als Bedingung einer Spaltung organischer Stoffe ist uns schon mehrfach begegnet. Sie ist unerläßlich für die Zerlegung der Mittelfette in Oelsüß und fette Säuren, für das Zerfallen der Gallensäuren*) in Cholalsäure und Gallenpaarlinge**), für die Spaltung der Pferdeharnsäure in Benzoesäure und Leimzucker.

Je mehr man in die geheimsten Vorgänge des organischen Stoffwandels eindringt, um so verbreiteter erscheint diese Rolle des Wassers zur Einleitung von Spaltungen und Umsetzungen, so daß ihr ein besonderer Name***) beigelegt worden, den ich mit Wasserspaltung verdeutschen möchte.

Solche Wasserspaltung greift vielfach bei der Verdauung der Nahrungsstoffe ein, die man aus diesem Grunde, wie das Zerfallen des Rohrzuckers in Traubenzucker und Fruchtzucker, mit Gährungserscheinungen vergleichen kann.

Wenn in einem früheren Abschnitt von der Umwandlung des Stärkekleisters durch Speichel oder Bauchspeichel in Stärkegummi und Zucker die Rede war, so wurde der Einfachheit halber, nur von einer Verbindung des Stärkegummis mit Wasser gesprochen.

---

*) Taurocholsäure und Glycocholsäure.

**) Taurin und Glycocoll (Leimzucker).

***) Hydrolyse.

Es ist aber hier der Ort, zu erwähnen, daß auch in diesem Falle eine wahre Wasserspaltung vorliegt.

Durch Untersuchungen von Musculus, die von Schwarzer, Schultz und Märker, sowie von Payen bestätigt sind, wird durch Gerstenhefe*), bei einer Wärme von 70°, die Stärke unter Aufnahme von Wasser in Stärkegummi und Traubenzucker zerlegt**). Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Umwandlung des Stärkmehls in Stärkegummi und Traubenzucker durch Speichel, Bauchspeichel und Darmsaft in unseren Verdauungswegen in ähnlicher Weise erfolgt, wenn auch gewöhnlich angenommen wird, daß Stärkegummi und Traubenzucker nicht gleichzeitig, nicht durch sogenannte Wasserspaltung, sondern nach einander entstehen. Es sollte sich erst das Stärkmehl durch Umlagerung seiner kleinsten Theilchen ohne Gewichtsveränderung des darin enthaltenen Kohlen-, Wasser- und Sauerstoffs in Stärkegummi, und nachher dieses unter Wasseraufnahme in Zucker verwandeln.

Ganz ähnlich verhält es sich mit unseren Kenntnissen von der Verdauung des Rohrzuckers.

Es liefert dieser Körper eines der schönsten Beispiele für die Nothwendigkeit einer Umwandlung der

*) Diastase.

**) Stärkmehl Wasser Stärkegummi Traubenzucker

$$2C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{10}O_5 + C_6H_{12}O_6.$$

Nahrungsstoffe im Organismus, als deren Ergebniß die Verähnlichung mit unseren Gewebebildnern erfolgt. Als solcher trägt Rohrzucker zur Gewebebildung nicht bei, noch wird er im Blute verbrannt. Wenn man eine Auflösung von Rohrzucker ins Blut spritzt, wird das ganze Gewicht, das von diesem Stoff in der eingespritzten Lösung enthalten war, mit dem Harn wieder ausgeschieden. (Bernard.)

Und doch ist der Rohrzucker nicht bloß ein Genußmittel, sondern ein Nahrungsstoff, den wir nicht nur unseren Getränken zusetzen, um sie zu versüßen, sondern in einer großen Anzahl von Nahrungsmitteln zu uns nehmen. Zahlreiche Früchte enthalten neben Trauben- und Fruchtzucker auch Rohrzucker, und man hat den letztgenannten ebenfalls in gelben und rothen Rüben, in Pastinaken und Bataten aufgefunden.

Bernard hat nun gezeigt, daß der Darmsaft einen löslichen Bestandtheil führt, der ähnlich wie der stickstoffhaltige Bestandtheil der Hefezellen, den ich nach Berthelot Umsatzhefe nannte, aus dem Rohrzucker Traubenzucker entstehen läßt. Leube und ich selber haben seine Angabe bestätigt. Es genügt, einen wässrigen Auszug der Dünndarm-Schleimhaut zu bereiten und damit eine Lösung von Rohrzucker bei 37 bis 40° kurze Zeit stehen zu lassen, um die betreffende Umwandlung zu beobachten. Da der neu entstehende

Zucker im Gegensatz zum Rohrzucker die Ebene des polarisirten Lichtstrahls zur Linken ablenkt, so ist jedenfalls Fruchtzucker gebildet, für welchen diese Linksdrehung bezeichnend ist. Weil aber durch das Sieden mit verdünnten Säuren, so wie durch die Umsatzhefe der Rohrzucker unter Aufnahme von Wasser in Fruchtzucker und Traubenzucker zerfällt, so handelt es sich wahrscheinlich auch bei der Einwirkung des Darmsafts auf Rohrzucker um diese Art von Wasserspaltung.

Da nun Fruchtzucker und Traubenzucker im Darmkanal in Milchsäure, und diese in Buttersäure, Kohlensäure und Wasserstoff übergeht, so ist hiermit die Rolle des Rohrzuckers als eines Nahrungsstoffes dargethan, vorausgesetzt, daß er eben den Verdauungskanal durchläuft und nicht unmittelbar dem Blute beigemengt wird.

Wasserspaltung der Fette wird auch durch den Bauchspeichel bewirkt, und zwar ohne daß bei der Zerlegung des sich mit Wasser verbindenden Mittelfettes ein Alkali der frei werdenden fetten Säure zu begegnen braucht. (Bernard.)

Durch Magensaft, Bauchspeichel und Darmsaft werden die eiweißartigen Körper, ohne ihre allgemeinen Kennzeichen zu verlieren, in der Art umgesetzt, daß sie leichter in die Blutbahn eindringen

können*). Auch hierbei soll nach den Vermuthungen ausgezeichneter Physiologen und Chemiker eine Wasserspaltung vorliegen. (Hermann, Schützenberger.) Sollte sich diese Vermuthung bestätigen, was die Lösung einer schwierigen Aufgabe voraussetzt, so ließe sich im Allgemeinen behaupten, daß die wichtigsten chemischen Ereignisse bei der Verdauung auf Wasserspaltungen hinauslaufen.

Eine Reihe von Vorgängen, die durch Verdauung der Nahrungsstoffe am Aufbau des Körpers betheiligt sind, zeigen also mit der Gährung eine große Aehnlichkeit, die vor Allem darin besteht, daß der die Wasserspaltung oder die Gährung bedingende Stoff, selbst wenn dieser an lebende Wesen gebunden ist, nicht das Geringste von seinen eigenen Bestandtheilen an die im Zerfallen begriffenen Stoffe mittheilt.

Ob für die Verdauung der Vergleich mit der weinigen Gährung zu betonen ist, in dem Sinne daß, wie dort die Hefezelle als lebende Organisation, so hier in den Verdauungswerkzeugen Speichelzellen, Labzellen, Bauchspeichelzellen eine Rolle spielen, läßt sich nach den bis jetzt vorliegenden Versuchen nicht entscheiden. Trotz der Darstellung einzelner wirksamer Stoffe als ungeformter organischer Umsatzmittel**) wäre

*) Peptonbildung.

**) Enzyme, Kühne.

es gewagt, die Vermuthung ohne eingehende Untersuchung ein für allemal von der Hand zu weisen. Nur soviel läßt sich schon jetzt sagen, daß die unmittelbare Mitwirkung lebender Zellen bei den Verdauungsvorgängen oft entbehrt werden kann. Man darf dies daraus schließen, daß die Salicylsäure, welche nach den Untersuchungen von Kolbe und Julius Müller Hefezellen und Zitterlinge tödtet, und die eben deshalb als gährungs- und fäulnißwidrig berühmt geworden ist, nach Kühne weder den Labstoff*), noch die auf Eiweißkörper dauend einwirkende Bauchspeichelhefe**) unwirksam macht, obgleich sie die Thätigkeit anderer ungeformter Gährungserreger, z. B. die Einwirkung der Mandelhefe auf Mandelstoff, hemmt.

Je höher die Mischung des Stoffs ist, je verwickelter die Zusammensetzung, desto leichter wird das Gleichgewicht zwischen den Anziehungen der einzelnen Theilchen gestört, ohne daß sich Bestandtheile des Gährungserregers mit dem zerfallenden Stoff verbinden. Darum ist Gährungsfähigkeit ein Vorrecht organischer Stoffe.

*) Pepsin.

**) Kühne's Trypsin. W. Kühne, Ueber das Trypsin (Enzym des Pankreas), Verhandlungen des Heidelberger Naturhistorisch-Medicinischen Vereins, 1876.

Dieses leicht zu erschütternde Gleichgewicht, die Beweglichkeit der feinsten Stofftheilchen, welche die organischen Stoffe auszeichnet, ist die Ursache des Lebens nach dem Tode.

Schon eine Reihe von Mittelgliedern, welche die Eiweißkörper und die Fettbildner bei ihrem Untergang mit Ammoniak, mit Kohlensäure und Wasser verbinden, die Säuren der Dammerde, sind als die wichtigsten Träger erneuten Lebens zu betrachten.

Auch in dem lebenden Körper von Pflanzen und Thieren waltet in der Mehrzahl der Fälle eine Bewegung der feinsten Stofftheilchen, die sich von einem Bestandtheil auf andere überträgt. Die Stoffe, welche diese Bewegung im höchsten Grade und mit der fruchtbarsten Wirkung zeigen, sind die eiweißartigen oder eiweißähnlichen Körper.

Dammsaures, quellsaures, quellsatzsaures Ammoniak sind aber die Bestandtheile der Ackererde, die sich am leichtesten in Eiweiß verwandeln. Indem die Pflanze quellsatzsaures Ammoniak dem Boden entzieht, wird also gleich die Wurzel mit dem Stoffe bereichert, den wir hier nicht sowohl Hefe, nicht Gährungserreger, sondern Lebenserwecker nennen dürfen.

Verwesung und Fäulniß sind nicht eher zu Ende, bis aller organische Stoff verwandelt ist in Ammoniak und Stickstoff, in Kohlensäure und Wasser. Dann

sind auch die anorganischen Salze aus dem organischen Zusammenhang ausgeschieden.

In demselben Augenblick ist aber der Stoff befähigt, zum Träger neuen Lebens zu werden. Kohlensäure, Wasser, Ammoniak und Salze vereinigt, sind vollkommene Nahrungsmittel der Pflanze, die keiner besonderen Weihe bedürfen, um Eiweiß, Zucker und Fett, um Pflanzen, Thiere, Menschen zu bilden.

Die Macht des Kleinen in der Natur tritt uns bei diesen Umwandlungen in wunderbarer Weise entgegen.

Jene verwickelten organischen Stoffe, an denen sich die Verrichtungen des Menschen und der höheren Thiere entfalteten, werden durch jene kleinsten Wesen, die nur starke Vergrößerungen dem Auge zugänglich machen, auf die schleunigste Weise in den Kreislauf des Lebens zurückgeführt.

Ohne Mithülfe der Zitterlinge und ihrer winzigen Verwandten würden die Leiber großer Thiere entweder in den Eingeweiden der Erde auf Jahrtausende aufgespeichert, oder langsamer Vermoderung überlassen, in beiden Fällen dem Strom des Lebens auf längere Zeit entzogen.

Und auch an dem verfeinerten Genuß des Lebens wahren jene kleinsten Urwesen ihren spendenden Antheil. Wenn auf der Schale der Weinbeeren die Hefezellen warten, bis sie, dem Traubensafte beigemischt,

dessen Gährung bedingen, beherbergen sie das Kleinleben, das den wahren Herren der Erde, Helden, Denkern und Dichtern so manches Entzücken bereitet, so manche That und Wahrheit und Wonne entlockt. Als wäre es nicht genug damit, verschaffen jene kleinen Hefezellen dem Naturforscher ein Hülfsmittel, mit dem es ihm gelingt, Jahrzehnte lang organisirte Formen zur Beobachtung aufzubewahren, naheliegende Entwicklungsstufen mit einander zu vergleichen, dem rastlosen Untergange und dem Werden selbst eine kleine Spanne Dauer entwindend.

Nicht auf die Großartigkeit jenes Kreislaufs wünschte ich hier den Blick zu lenken, sondern auf die Verhältnisse, durch welche der Kreislauf erst seine ganze stofflich herrschende Bedeutung erhält. Mit Recht giebt sich der Zergliederer nicht damit zufrieden, die fertige Form zu kennen, so wie sie in erwachsenen Pflanzen und Thieren gegeben ist. Die beharrlichsten Forschungen haben ihn vielmehr dazu geleitet, die Entwicklung der feinsten Formbestandtheile, das Werden des inneren Gefüges, die Entstehung des Werkzeugs zu verfolgen. Der Naturkundige, der, seine Aufgabe begreifend, die Lehre vom Leben als die Chemie und Physik von Pflanzen und Thieren betrachtet, erforscht auf gleiche Weise das Entwicklungsleben des Stoffs. Auf dem Gebiet der Form und auf dem der Mischung

ist noch unendlich viel zu thun, bevor man alle Sprossen der beiden mit ihren Spitzen zusammentreffenden Leitern betreten haben wird, unter deren Bilde man sich die vorwärtsschreitende und die rückgängige Entwicklung vorstellen kann.

Dafür aber, daß die Entfaltung des Stoffs nach beiden Richtungen ohne Sprünge geschieht, daß fortschreitende Entziehung des Sauerstoffs die einfachsten Körper ganz allmälig organisirt, während diese nachher in ebenso stetigem Entwicklungsgang vom Sauerstoff dem vollständigen Zerfall entgegengeführt werden, dafür liegen so sichere Beweise vor, daß ein stoffliches Glaubensbekenntniß im heutigen Augenblick keiner inhaltsschweren Ahnung, keinem kühnen Seherspruch, sondern einer tief begründeten Ueberzeugung gleichzusetzen ist.

Wer vor der letzten Folgerung erschrickt, soll nicht forschen, er soll glauben. Und fühlt sich Jemand vom Glauben nicht befriedigt, so forsche er getrost, er wird den Muth des Wissens finden. Das Bewußtsein dieser Trennung macht aber jede Vermittlung unmöglich und dadurch jede Feindschaft. Denn wer heute weiß und morgen glaubt, der ist weder heute noch morgen ein ganzer Mensch, er ist im Kampfe nicht ebenbürtig. Zwischen Gläubigen und Forschenden ist aber kein Zusammenstoß möglich, denn sie gehen wissend entgegengesetzte Wege.

XVI.

Der Stoff regiert den Menschen.

„Ein Haupthinderniß, weswegen die Deutschen im „Allgemeinen ihre Sprache nicht so leicht und fließend „reden, als andere Nationen, liegt in der Gebunden„heit der Zunge, welche mehrentheils von dem Genuß „der vielen Vegetabilien und fetten Speisen herkommt. „Freilich haben wir hier zu Lande nichts Anderes zu „genießen, allein Mäßigkeit und Vorsicht können da„bei vieles thun und helfen."

So ließ sich der alte Zelter an Göthe vernehmen, ein Mann, dem es Niemand streitig machen wird, daß er seine Anschauungen mit herzerfreuender Frische schöpfte aus dem derben Marke fruchtbarer Erfahrung. Die Naturwissenschaft ist kaum so weit, über Zelter's Erklärung ein Urtheil sprechen zu können. Nur das ist nicht zu bezweifeln, daß fette Speisen, um zu zerfallen, einer größeren Sauerstoffmenge bedürfen als stickstofffreie Fettbildner. Bei einer

gegebenen Größe der Lungen muß aber vom Stoff des Körpers um so weniger umgesetzt werden, je mehr dieser Stoff, um zu verbrennen, Sauerstoff erfordert. Rascher Stoffwechsel dagegen macht geschmeidige und lebhafte Bewegung möglich. Insofern nun Stimme und Sprache zuletzt von der Bewegung der Muskeln des Kehlkopfs, der Zunge und des Antlitzes, sowie der Athemmuskeln abhängen, dürfte wohl fetter Kost ein größerer Nachtheil auf den Fluß der Rede und die Leichtigkeit des Gesanges zugeschrieben werden müssen, als pflanzlicher Nahrung.

Aber gesetzt auch diese Erklärung wäre noch lange nicht zureichend und Zelter's Beobachtung reihte sich den vielen Erscheinungen an, deren regelrechte Ableitung aus einer vorher erzählten Thatsache noch nicht gelingt, so thut das dem Vertrauen, das die Erfahrung überhaupt verdient, nicht den mindesten Abbruch. Es verhält sich dann damit wie mit der Furcht der Sänger vor Nüssen und Mandeln, die noch einen weiteren Grund haben muß, als daß die feinen Theilchen jener Früchte leicht in die Stimmritze gelangen und dadurch eine nachtheilige Wirkung auf die Stimmbänder äußern.

Ich wollte nur an diese Erfahrungen, die dem Volksbewußtsein mehr oder minder geläufig sind, anknüpfen, um überhaupt zu zeigen, wie sehr unsere

Zustände und unser Können bedingt werden durch den Stoff, den wir von außen zuführen.

Viele Mitglieder auch der älteren Geschlechter haben es längst auf der Schulbank erfahren, daß Kochsalz zum Lebensunterhalt nothwendig sei, daß alle Völker, durch eine innere Nothwendigkeit getrieben, Kochsalz als einen Speisezusatz oder salzreiche Nahrung genießen, bevor man wußte, daß die Bildung des Knorpels ohne Kochsalz nicht möglich ist. Und auch jetzt, wo man es weiß, daß man das Kochsalz aus dem eben angeführten Grunde als Knorpelsalz zu betrachten hat, dürften nur Wenige im Volke eine Ahnung davon haben, wie tief man durch die einfache Zufuhr von Kochsalz die Beschaffenheit des Körpers umzustimmen vermag.

Ein vermehrter Genuß von Kochsalz hat nicht nur eine Zunahme der Salze und namentlich des Kochsalzes selbst im Blute zur Folge, sondern zugleich eine Bereicherung an Blutkörperchen, eine Verminderung des Wassers (Poggiale) und eine Verarmung an Faserstoff (Nasse). Jene Verminderung des Wassergehalts im Blut bedingt den Durst nach stark gesalzener Kost.

Obgleich Schrenk gefunden hat, daß die Menge des Eiweißes, die im Magensaft gelöst wird, durch den Zusatz von Kochsalz nicht zunimmt, haben doch

Lehmann und Frerichs wiederholt eine Beschleunigung der Verdauung des Eiweißes in Folge kleiner Zusätze von Kochsalz beobachtet. Und diese Beobachtung findet die leichteste Erklärung darin, daß Frerichs durch die Einwirkung des Kochsalzes eine vermehrte Speichelabsonderung, Bardeleben und Frerichs eine gesteigerte Ansammlung des Magensafts wahrgenommen haben.

Da nun der Speichel die Verdauung der stickstofflosen Fettbildner einleitet, indem er Stärkmehl in Zucker umwandelt, da ferner der Magensaft die wichtigste Flüssigkeit ist, durch welche Auflösung der Eiweißkörper bewirkt wird, so ist es klar, daß mäßige Kochsalzgaben die Verdauung befördern müssen.

Bousfingault hat uns gelehrt, daß Stiere, deren Futter mit Kochsalz vermischt war, ein besseres Ansehen, ein glattes glänzendes Haar bekommen, daß sie lebhafter sind, ohne schwerer zu werden. Demnach erleidet die Ernährung, die Entwicklung der Gewebe, den Einfluß des Kochsalzes ebenso gut wie die Verdauung und das Blut.

Eine vermehrte Absonderung des Samens gab sich in Bousfingault's Versuchen dadurch kund, daß bei den Stieren die Lust zu bespringen erhöht war.

Bei reichlicher Zufuhr von Kochsalz nimmt die Menge des Stickstoffs zu, welche das Athmen durch

Haut und Lungen dem Körper entzieht. (Barral, Regnault und Reiset.) Und das vermehrte Zerfallen stickstoffhaltiger Gewebebildner verräth sich zugleich durch eine gesteigerte Ausfuhr von Harnstoff. (Barral.)

Merkwürdiger Weise stimmt in dem letztgenannten Ergebniß die Wirkung der Entziehung des Kochsalzes mit derjenigen seiner reichlichen Einfuhr überein. Schon Kaupp, und mehr noch Klein und Verson, haben nämlich beim Menschen, der sich nur möglichst kochsalzfreie Nahrung erlaubte, eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung wahrgenommen. Am vierten Tage des Kochsalzhungers schied Verson in 24 Stunden 42,5 Gramm Harnstoff aus, während die Menge desselben am Tage vor der Enthaltung von Kochsalz nur 36,5 Gramm betrug. Die Ausscheidung des Harnstoffs konnte also während des Kochsalzhungers um beinahe $^1/_6$ die gewöhnliche Menge übersteigen.

Bei genauer Ueberlegung brauchen diese Erfahrungen durchaus nicht dem von Barral unter entgegengesetztem Verhalten ermittelten Befunde zu widersprechen.

In Folge des Kochsalzhungers liegt die Verdauung darnieder, es stellen sich Magenbeschwerden, Schwäche und Mattigkeit ein, die sich aus gesteigerter Rückbildung bei mangelhaftem Ersatz erklären.

Wenn bei Mangel an Kochsalz der Aufbau der Zellen darnieder liegt, kann ein Theil des Sauerstoffs, der sonst zur Ernährung beigetragen hätte, die Rückbildung befördern und in Folge dessen die Ausscheidung des Harnstoffs vermehren. Wenn dann umgekehrt reichlicher Genuß von Kochsalz die Verdauung kräftigt, die Ernährungsvorgänge üppiger von statten gehen läßt, so findet innerhalb gewisser Grenzen auch eine lebhaftere Rückbildung statt, die wiederum auf eine Zunahme des in gleicher Zeit entleerten Harnstoffs hinausläuft. Hier ist die vermehrte Ausscheidung des Harnstoffs ein Ausdruck kräftiger Ernährung, dort ein Zeichen beginnenden Siechthums durch unverhältnißmäßig beschleunigten Abbruch des Organismus. Beides ist begreiflich. Das Kochsalz kann, wie Voit lehrt, die Sauerstoffaufnahme von Seiten der eiweißartigen Körper befördern, die reichlicher verdaut, also reichlicher dem Blutstrom und den Geweben zugeführt, auch vermehrte Harnstoffbildung bedingen. Ohne Kochsalz kann eine ähnliche Oxydation verhindern, daß die eiweißartigen Bestandtheile Gewebebildner werden, sie kann bewirken, daß dieselben schon im Blut verbrennen und eine vermehrte Ausscheidung von Harnstoff stattfindet.

Eine überreichliche Zufuhr von Kochsalz ist im Stande, die kräftigsten Thiere zu tödten. Goubaux

hat durch Versuche ermittelt, daß für ein Pferd ein Zweihundertstel, für einen Hund ein Vierhundertstel seines Körpergewichts an Kochsalz hinreicht, um mit den Erscheinungen einer sehr heftigen Entzündung von Magen und Darm in zwölf Stunden den Tod herbeizuführen. Einer der unentbehrlichsten Speisezusätze verwandelt sich durch das Uebermaaß in ein ganz entschiedenes, in ein schnell tödtendes Gift.

Wenn die Darreichung oder die Vorenthaltung eines so einfachen Stoffs wie das Kochsalz, einer Verbindung, die nur aus Chlor und Natrium besteht, so tief eingreift in die Zustände des Körpers, wenn wir von Becquerel und Lehmann lernen, daß reichliches Wassertrinken genügt, um die Ausscheidung von Harnbestandtheilen beträchtlich zu steigern, dann werden wir uns wahrlich nicht wundern, daß eine bedeutendere Veränderung der Nahrung in dem ganzen Bereiche des Stoffwechsels ihren Einfluß geltend macht.

Jeder Unbefangene wird geneigt sein, aus solchen Erfahrungen abzuleiten, daß es hinsichtlich der Nahrung nicht gleichgültig sein kann, ob sich der Mensch den Fleischfressern oder den Pflanzenfressern zugesellt.

Wie sollte es auch sein können, da es allgemein bekannt ist, daß Fleisch und Brod eine so wesentlich verschiedene Zusammensetzung besitzen?

Zunächst enthält das Weizenbrod in dem sogenannten Kleber nach Ritthausen ein Gemenge von vier eiweißartigen Körpern, von denen drei, der Pflanzenleim*), der Kleberfaserstoff**) und der Kleberschleim***) in Weingeist löslich sind, der vierte, der Kleberkäsestoff†), dagegen in Weingeist fast ganz unlöslich ist. Taddei, der den Unterschied der Bestandtheile des Klebers im Verhalten zum Weingeist entdeckt hat, warf die drei darin löslichen Stoffe unter dem Namen Pflanzenleim††) zusammen. Das Gemenge, welches noch heute nach seiner Eigenschaft an der Oberfläche aller trocknen Körper kleben zu bleiben, den Namen Kleber führt, wurde von Beccari im Jahre 1766 in Bologna entdeckt. Alle diese Bestandtheile des Klebers enthalten nun weniger Schwefel als die bisher untersuchten eiweißartigen Bestandtheile des Fleisches. Sie sind wegen ihrer Umhüllung mit Stärkmehl den Verdauungssäften weniger leicht zugänglich als die Fleischfaser.

Wichtiger als die Unterschiede zwischen den eiweißartigen Stoffen von Fleisch und Brod, ist der zwischen

*) Gliadin im engeren Sinne, Ritthausen.
**) Glutenfibrin, Ritthausen.
***) Mucedin, Ritthausen.
†) Glutencasein, Ritthausen, Zymom, Taddei.
††) Gliadin, im weiteren Sinne, Taddei.

den Fetten und stickstofflosen Fettbildnern, von welchen jene im Fleisch, diese im Brod vorherrschen. Zwar fehlt es im Brode nicht an Fett. Aber während Stärkmehl und Zucker sehr reichlich im Brod vorhanden sind, ist im Fleisch das Fett in bedeutender Menge vertreten.

Stärkmehl und Zucker werden durch die Verdauung erst in Fett verwandelt, sie verarmen dabei in ihrem Gehalt an Sauerstoff. Ebenso müssen sich die eiweißartigen Körper des Brodes in die Eiweißstoffe des Bluts umsetzen. Schon dadurch wird es erklärt, daß das Blut des Menschen durch Fleisch rascher erneut wird als durch Brod, und mit dem Blut auch die Muskeln und andere Gewebe.

Um jedoch pflanzliche und thierische Nahrung mit einander zu vergleichen, hat man es mit weit schrofferen Gegensätzen zu thun als mit Fleisch und Brod. Fleisch und Gemüse oder Obst stehen an den äußersten Grenzen in der Reihe der vom Menschen benützten Nahrungsmittel.

Fleisch und Gemüse unterscheiden sich von einander nicht bloß durch die Eigenschaften ihrer Bestandtheile, sondern fast mehr noch durch die Mengenverhältnisse, in welchen die einzelnen Klassen der Nahrungsstoffe in denselben vertreten sind. Das Fleisch enthält in gleichen Gewichtstheilen durchschnittlich vierzigmal so-

viel eiweißartige Körper als die Gemüse, und in Folge des bedeutenden Wassergehalts der letzteren steht auch die Menge der Fettbildner, die sie enthalten, hinter dem Fettgehalt des Fleisches zurück.

Zu diesen durchgreifenden Unterschieden gesellt sich endlich noch eine wesentliche Verschiedenheit der Salze. Während nämlich im Fleisch die Basen, die Alkalien sowohl wie die Erden, ganz vorzugsweise an Phosphorsäure gebunden sind, stehen in den Salzen der Gemüsepflanzen organische Säuren im Vordergrunde. Diese organischen Säuren bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, und zerfallen im Blut durch die Aufnahme von Sauerstoff in Kohlensäure und Wasser. Aepfelsaure, weinsaure, citronensaure Alkalien werden in kohlensaure Salze und Wasser umgewandelt.

Die nächste Wirkung äußern Fleisch und Pflanzenkost auf das Blut. Wir wissen durch eine höchst lehrreiche Untersuchung Verdeil's, daß bei Fleischkost im Blut die phosphorsauren Salze vorherrschen, dagegen die kohlensauren Salze, wenn die Nahrung in Gemüsen und Kräutern besteht.

Weil aber die eiweißartigen Stoffe der grünen Pflanzentheile in Eiweiß- und Faserstoffbildner des Bluts, weil die Fettbildner der Kräuter in Fette umgewandelt werden müssen, so beginnt der Unterschied

in der Wirkung von Fleisch und Gemüsen nicht etwa erst beim fertigen Blut, sondern bereits in der Blutbildung, in der Verdauung. Die Nahrungsmittel werden um so leichter und rascher verdaut, je näher ihre Nahrungsstoffe mit den Bestandtheilen des Bluts übereinstimmen. Fleisch ist demnach nicht nur besser als Brod, sondern namentlich auch besser als die Gemüse zur Blutbildung geeignet.

Und dieser Satz gilt doppelt, wenn wir nicht sowohl die Eigenschaften als vielmehr die Mengenverhältnisse der Nahrungsstoffe in beiden Nahrungsmitteln in's Auge fassen. Daß die Eiweißstoffe des Bluts durch Fleischkost eine Zunahme, durch Pflanzenkost eine Abnahme erleiden, hat Lehmann durch Untersuchungen erwiesen, die er an sich selber anstellte. Sowohl Preyer als Subotin fanden im Blute der Fleischfresser mehr Blutkörperchenstoff, als in dem der Pflanzenfresser, beim Hunde z. B. im gleichen Blutgewicht reichlich anderthalbmal so viel wie beim Kaninchen. Damit stimmt es überein, daß bei derselben Thierart die Eisenmenge bei Fleischkost größer ist, als bei Pflanzenkost. Beim Hunde fand Verdeil nach achtzehntägiger Fütterung mit Fleisch in der Blutasche anderthalbmal soviel Eisen, wie nach dreiwöchiger Fütterung mit Brod. Ebenso hat uns Nasse gelehrt, daß das Blut nach Fleischkost einen beträcht-

lich größeren Fettgehalt führt, als nach pflanzlicher Nahrung.

Also die Eiweißstoffe, Blutroth, Fett und Salze sind im Blut je nach der Nahrung in verschiedener Menge vertreten, und es ist demnach für das erste Ergebniß in der Entwicklung der Nahrung nichts weniger als gleichgültig, ob wir Fleisch oder Gemüse genießen.

Der veränderten Mischung des Bluts entspricht ein verändertes Verhältniß zwischen seinen rothen und farblosen Formbestandtheilen. Zwei Stunden nach eiweißreichem Mahle, in welchem außer Fleisch allerdings auch Bohnen genossen worden, fand ich mit meinen Heidelberger Schülern im Mittel auf Ein farbloses 280 farbige Blutkörperchen, nach eiweißarmer Pflanzenkost dagegen auf Ein weißes 356 rothe. Da nun gleichfalls durch unsere Zählungen ermittelt worden, daß das Blut kurz nach der Mahlzeit mehr farblose Körperchen im Verhältniß zu den farbigen enthält als einige Stunden später, so beweisen jene Heidelberger Zählungen, daß eiweißreiche Nahrung — und Fleischkost ist ihr bester Vertreter — die Neubildung weißer Blutkörperchen mächtiger befördert, als eiweißarme Pflanzenkost, die aus Apfelmus, Kartoffeln und dergleichen bestand.

Wenn aber das Blut, das wir als die Muttreflüssigkeit der Gewebe, der Absonderungen und Aus-

scheidungen des Körpers betrachten müssen, sich nach der Nahrung richtet, so ist es klar, daß sich dieser oberste Unterschied durch alle Vorgänge des Lebens erstrecken muß. Das allgemeine Gefühl von Wohlbehagen, das wir als Sättigung bezeichnen, ist durch einen richtigen Ernährungszustand der Nerven bedingt. Eine gesunde Eßlust wird bekanntlich von Fleisch gestillt, von Salat aber nicht. Diese Verschiedenheit beruht auf der mangelhaften Ernährung der Nerven beim ausschließlichen Genuß von Salat, die mangelhafte Ernährung auf einer unvollständigen Blutbildung.

Durch den Unterschied in der Zusammensetzung des Bluts begreifen wir die Berichte der Reisenden über die Muskelkraft der jagenden Indianerstämme, während die von Obst und Kräutern lebenden Bewohner vieler Inseln der stillen Südsee nur schwache Leistungen mit ihren zarten Muskeln vollführen können. Da die Muskeln im Wesentlichen aus eiweißartigen Körpern, aus Fett und phosphorsauren Salzen bestehen, so müssen derbe Muskeln vorzugsweise aus der Nahrung hervorgehen, die, wie das Fleisch, das Blut reichlich mit Eiweißstoffen, mit Fett und phosphorsauren Salzen versorgt. Diese Versorgung geschieht durch Fleischkost nicht bloß reichlich, sondern auch in günstigen Verhältnissen.

Auch die Absonderungen richten sich nach dem Blut. Stickstoffreiche Nahrung vermehrt nicht nur die Menge der Milch, sondern auch in der Milch die Menge der Butter. (Subotin und Kemmerich.) Nahrhafte Fleischkost, zumal wenn sie von Fettbildnern, von Reis, Kartoffeln, leichten Mehlspeisen unterstützt wird, bereichert die Milch, während diese verarmen muß beim ausschließlichen Genuß von Obst und Gemüsen. Bei Fleischfressern, bei Hündinnen z. B., soll nach Kemmerich auch der Zucker der Milch den Eiweißstoffen der Nahrung seinen Ursprung verdanken, so zwar, daß dessen Menge in der abgesonderten Milch von der Zufuhr von Stärkmehl und Zucker unabhängig wäre. Wenn aber je, so ist es hier erforderlich, die Thierart, an welcher die Versuche angestellt worden, zu berücksichtigen, und nicht von einer auf alle zu schließen. Bei Frauen wird die Menge des Milchzuckers durch ausschließliche Fleischkost herabgesetzt. (Joly und Filhol*). Und damit steht ein merkwürdiger Versuch von Becker in hübschem Einklang. Es ist nämlich durch Versuche von Bernard und Lehmann bekannt, daß man bei Kaninchen nicht über eine gewisse Menge Traubenzucker ins Blut

*) Siehe: Oehl, Manuale di fisiologia. Milano 1870 Vol. I, p. 328.

spritzen darf, wenn dieser nicht unverändert in den Harn übergehen soll. Becker fand nun, daß, um diesen Uebergang in den Harn bei milchgebenden Kaninchen zu erzielen, eine größere Menge Traubenzucker nöthig ist als bei Kaninchen, die keine Milch geben, was sich einfach erklärt, wenn bei der Milchabsonderung ein Theil des Traubenzuckers in Milchzucker verwandelt wird.

Ein und dasselbe Thier athmet unter sonst gleichen Verhältnissen nach Pflanzenkost mehr Kohlensäure aus als nach dem Genuß von Fleisch. In der pflanzlichen Nahrung sind die nur aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehenden Fettbildner reicher an Sauerstoff als die Fette der Thierkost. Sie erfordern demnach eine geringere Sauerstoffmenge, um zu Kohlensäure und Wasser zu verbrennen. Wird gleichviel Sauerstoff aufgenommen, dann muß das Fleisch weniger Kohlensäure liefern als die Kräuter.

Der Unterschied ist so deutlich, daß man ihn sogar für das Hautathmen des Menschen an einem beschränkten Körpertheil wahrnehmen kann. Fubini und Ronchi, welche die betreffenden Versuche an des Letzteren Vorderarm angestellt, fanden das Verhältniß für die von der Haut entwickelte Kohlensäure bei Fleischkost und Pflanzenkost gleich 100 : 116, oder es wurde bei Pflanzennahrung allein von der Haut

beinahe $^1/_6$ mehr Kohlensäure ausgehaucht als bei Fleischnahrung.*)

Der Harn läßt schon durch eine leicht wahrnehmbare Eigenschaft erkennen, ob die Nahrung dauernd in Fleisch oder in pflanzlichen Speisen bestand. Bei Fleischfressern ist der Harn sauer, er röthet ein blaues Lackmuspapier, bei Pflanzenfressern ist er alkalisch, er ertheilt dem rothen Lackmuspapier eine blaue Farbe. Und der Unterschied hängt wirklich von der Nahrung ab. Beim Menschen kann man durch ausschließlichen Genuß von Pflanzenkost den bei gewöhnlicher Lebensweise sauren Harn in alkalischen verwandeln. Nur ist es eine Uebertreibung oder es beruht auf einer Ausnahme, wenn berichtet wird, daß ein Gericht Apfelmus genügt, um die Veränderung zu bewirken. Moriggia fand an sich selber, daß ein zwei Tage lang fortgesetzter und reichlicher Genuß von ausschließlicher Pflanzenkost dazu gehörte, um seinen Harn alkalisch zu machen, und Ronchi, der mit Fubini arbeitete, ist dies gar nicht gelungen, obgleich er elf Tage lang nur Brod und Hülsenfrüchte, Wurzeln Obst, Gemüse, Wein und Kaffee zu sich nahm. Nur am neunten Tage der zuletzt erwähnten Versuchsreihe war Ronchi's Harn weder sauer, noch alkalisch,

*) Fubini e Ronchi, della perspirazione di anidride carbonica nell' uomo, in Bizzozero, archivio per le scienze mediche, Torino 1876, Vol. I, p. 195, 196.

neutral, wie die Chemiker zu sagen pflegen, am zehnten und elften, trotz fortgesetzter Pflanzenkost, sogar wieder sauer. Auch dieser Fall wird, nach sonstigen Erfahrungen zu schließen, zu den Ausnahmen gerechnet werden müssen, aber im Verein mit Moriggia's Beobachtungen beweist er doch, daß die Umwandlung des sauren Harns in alkalischen beim Menschen durch Pflanzenkost weder so leicht, noch so rasch erfolgt, als man gemeinhin lehrt.

Es war daher sehr willkommen, über das entgegengesetzte Verhalten der Pflanzenfresser und die Schnelligkeit seines Eintretens Aufschluß zu bekommen, und wir verdanken ihn wiederum Moriggia. Er fand, daß für Pferde, die sich willig an Fleischkost gewöhnen, drei Tage nöthig sind, damit ihr gewöhnlich alkalischer Harn in sauren übergehe. Lange vorher war es durch Bernard bekannt geworden, daß der Harn von Kaninchen sauer wird, wenn man ihnen Fleisch gewaltsam durch den Schlund beibringt oder Fleischbrühe in ihre Adern spritzt, oder aber wenn sie hungernd am eigenen Fleische zehren.

Bei dem ausschließlichen Genuß von Pflanzenkost wird in vierundzwanzig Stunden viel weniger Harnstoff entleert, als wenn die Nahrung nur in Fleisch oder Eiern besteht (Lehmann, Frerichs). Ja, dieser Einfluß spricht sich bei verschiedenen Völkern

sogar deutlich aus, je nachdem sie mehr oder weniger Fleisch zu ihrer Mahlzeit verwenden. Franzosen entleeren im Verlauf eines Tages weniger Harnstoff als die Deutschen, und diese werden in der Harnstofferzeugung bedeutend von den Engländern übertroffen. Es läßt sich aber aus genauen Zahlenbelegen ermitteln, daß eine gleiche Anzahl Menschen in London sechsmal soviel Fleisch verzehrt als in Paris.

Ebenso steht es fest, daß die Menge der schwefelsauren und phosphorsauren Salze im Harn durch Fleischkost zunimmt. (Lehmann.) Ein Theil der Schwefelsäure, die in diesen Salzen mit Alkalien und Erden verbunden ist, rührt von verbranntem Schwefel der Eiweißstoffe her, die Phosphorsäure ohne Zweifel von dem Dotterfett der Nerven und der Blutkörperchen, die in den Gefäßen des Fleisches stets enthalten sind. Nur zum Theil wurden jene Säuren als solche in den Körper gebracht.

Wenn aber Blut und Gewebe, wenn Milch und Harn und ausgeathmete Luft, wenn mit Einem Worte alle stofflichen Vorgänge des Körpers sich verändern, je nachdem wir nur von Pflanzen oder nur von Thieren leben, dann werden wir uns nicht darüber wundern, daß ausschließlich dem Pflanzenreich oder dem Thierreich entlehnte Kost auch die Zustände des Menschen beherrscht, die sich in seinem Thun und Lassen offenbaren.

Wir werden uns nicht dagegen sträuben können, wenn man die Feigheit und Unselbständigkeit der Hindus mit den Kräutern, von denen sie leben, in Zusammenhang bringt, nachdem uns Haller schon berichtet hat, daß er sich jedesmal über eine gewisse Trägheit und Unlust zur Arbeit zu beklagen hatte, wenn er sich Tage lang auf Pflanzenkost beschränkte, eine Erfahrung, die jüngst von Ronchi unter meinen Augen erprobt ward. Dabei verlor Ronchi in acht Tagen beinahe $^1/_{18}$ seines Körpergewichts, das er, zur Fleischkost übergehend, unter Schwankungen wiedergewann.

Unter Umständen sagt jedoch ausschließliche Fleischnahrung dem Menschen ebenso wenig zu. Villermé erzählt, daß in dem spanischen Kriege eine Heeresabtheilung, der er selber angehörte, sechs bis acht Tage lang darauf angewiesen war, von Fleisch zu leben; die Mannschaft wurde von Durchfall, Magerkeit und einer ganz erstaunlichen Schwäche befallen.

Trotzdem steht es durch zahlreiche Beobachtungen und zum Theil durch Erfahrungen, die in einem großartigen Maaßstabe gewonnen wurden, fest, daß der Mensch den Thieren gegenüber eine bevorzugte Stellung seiner Fähigkeit verdankt, bald ausschließlich von Pflanzen, bald nur von Thieren zu leben. So genießen nach Wilkes die Indianer des Oregongebiets zu

manchen Jahreszeiten beinahe nur Wurzeln, deren mehr als zwanzig meist wohlschmeckende Arten dort einheimisch sind. Weil die Wurzeln zu verschiedenen Jahreszeiten reifen, ziehen die Bewohner von der einen Wurzelgegend in die andere. In Malabar, wo der Glaube an das Wandern persönlicher Seelen noch haust, wo man Krankenhäuser für die Thiere hat und Ratten in Tempeln auffüttert, ist das Tödten von Thieren verboten, und ebenso beschränken sich die Peguaner aus Aberglauben auf die Pflanzenkost. Heiße Gegenden, in denen das Athmen langsamer von Statten geht, machen vorherrschende Pflanzennahrung häufig zum Bedürfniß. Viel häufiger aber zwingt die Noth zu ausschließlichem Fleischgenuß. Neu-Holland und van Diemensland, deren Pflanzenwelt sich nach Lesson auszeichnet durch trockne, harte, schmale, magere Blätter, welche in den traurigen Wäldern die Dürre des Bodens wiederspiegeln, ist so arm an nahrhaften Früchten und Wurzeln, daß die Einwohner beinahe auf Fleischspeisen beschränkt sind. Es ist allgemein bekannt, daß Kamtschadalen und Isländer, Lappländer und Samojeden einen großen Theil des Jahres nur von Fischen leben können. Die Jäger in den Prairien Amerikas nähren sich ausschließlich mit Büffelfleisch.

Wer aber hieraus mehr ableiten wollte, als die große Biegsamkeit der menschlichen Natur, die sich

den ungünstigsten Verhältnissen anschmiegt, würde sich einer ganz einseitigen Betrachtung unserer wahren Bedürfnisse schuldig machen. Und Rousseau, wenn er dem Menschen ausschließlich pflanzliche Nahrung vorschreibt, entspricht dadurch den Forderungen der menschlichen Natur ebenso wenig, wie Helvetius, wenn er nur Fleischkost gewähren will.

Hier, wie überall, bietet uns die Entwicklungsgeschichte der Nahrung den sichersten Anhaltspunkt, um die Wahl der Speisen richtig zu beurtheilen. Die Nahrungsstoffe verwandeln sich in Blutbestandtheile. Da aber alle Stoffe des Fleisches denen des Bluts ähnlicher sind, also leichter verdaut, leichter in Blut verwandelt werden, als pflanzliche Nahrungsstoffe, so ergiebt sich schon hieraus, daß der wichtigste, der ursprünglichste Vorgang im menschlichen Leben, die Blutbereitung, mehr als gebührlich erschwert werden müßte, wenn wir nur Brod und Früchte genießen wollten. Unsere pflanzlichen Nahrungsmittel enthalten mit seltenen Ausnahmen so wenig Fett, daß durch ihren ausschließlichen Genuß die Fettbildung beinahe ganz den menschlichen Verdauungswerkzeugen überwiesen würde. Nur durch Verarmung der Fettbildner an Sauerstoff können Stärkmehl und Zucker in die Fette des Bluts übergehen. Wenn dem menschlichen Körper eine übermäßige Fettbildung zugemuthet wird, dann sinkt er auf

die Stufe des pflanzlichen Stoffwechsels hinab. Das Geschäft der Fettbildung darf im Menschenleib gewisse Grenzen nicht überschreiten, wenn das Leben des Menschen nicht zum Vegetiren herabgewürdigt werden soll.

Lebt aber der Mensch bloß von Fleisch, dann muß die Thätigkeit des Athmens mehr als gewöhnlich gesteigert werden, wenn die Ernährung und Rückbildung einander das richtige Gleichgewicht halten sollen Die im Fleisch so reichlich vorherrschenden Eiweißkörper und mehr noch das Fett erfordern, um gleiche Mengen von Kohlensäure zu erzeugen, viel mehr Sauerstoff als die Fettbildner der Pflanzen. Weil aber die Sauerstoffmenge, die wir einathmen, nicht allein von der Nahrung abhängt, ja sogar bei sehr verschiedener Nahrung eine gegebene sein kann, so tritt bei ausschließlicher Fleischkost eine Ueberladung der Gewebe ein, und es entstehen oft Blutanhäufungen im Hirn oder andere krankhafte Zustände, in deren Folge der Mensch eine weniger gedeihliche Wirksamkeit entfaltet.

Es kann überhaupt nicht oft genug wiederholt werden, daß des Menschen Ansprüche an die Nahrung noch nicht befriedigt sind, wenn ihm nur irgendwie die Erneuerung seiner Blutbestandtheile und Gewebebildner möglich gemacht wird.

Zunächst ist es nicht einmal möglich, mit jeder Pflanzenkost auch nur das Leben auf die Länge zu

erhalten. Am meisten verbreitet dürfte in dieser Beziehung der Irrthum sein, daß Wasser und Brod für den Menschen eine ausreichende Nahrung bilde. Voit erwähnt, daß in Dänemark die Verurtheilung zu Gefängniß mit einem Monat Wasser und Brod beinahe als Todesstrafe angesehen wurde, so selten kam es vor, daß ein Sträfling diese Lebensweise länger als vier Wochen aushielt. Man müßte freilich nach meinen Rechnungen einem erwachsenen Manne nahezu anderthalb Kilo Brod*) gewähren, um sein tägliches Kostmaaß an eiweißartigen Stoffen zu decken. Es ist also nicht zu verwundern, wenn William Stark in jenen Versuchen, die er 1789 an sich selber anstellte, indem er 42 Tage lang durchschnittlich nur etwa die Hälfte jener Brodmenge und sonst nur Wasser zu sich nahm, am Ende seiner Opferprobe über 8 Kilo am Gewichte seines Körpers eingebüßt hatte.

Ohnehin ist es ja nicht die Fristung des Lebens, um die es sich bei der Ernährung handelt. Das Leben soll wirken, der Stoff, der des Menschen Leib erneuert, soll menschlich arbeiten. Darum gilt es, die Nahrung so zu vertheilen, daß uns nicht eine an das Pflanzenleben erinnernde, übermäßige Fettbildung auf-

*) Moleschott, Physiologisches Skizzenbuch, Gießen 1861, S. 62.

erlegt wird, und daß wir nicht jagen müssen, wie die Wölfe, um die genossene Fleischkost zu verathmen.

Ausschließliche Pflanzennahrung läßt viele Stoffe ungelöst im Darmkanal zurück. Rawitz, dem wir eine fleißige Arbeit über die Nährkraft der Speisen und Getränke verdanken, leerte bei Pflanzenkost eine größere Menge von Koth aus, als bei dem ausschließlichen Genuß von Fleisch. Durch E. Bischoff, Gustav Meyer, Fr. Hofmann hat jene Angabe von Rawitz die vollste Bestätigung erhalten. Am Menschen beobachtend fand Hofmann bei Ernährung mit Linsen, Brod, Kartoffeln und Bier die tägliche Kothmenge mehr als viermal so groß als an Tagen, an denen er nur Fleisch verzehrte. Und wenn wir unter den pflanzlichen Nahrungsmitteln die weniger günstigen auswählen, Kartoffeln oder Kohl, dann müssen wir das Verdauungsrohr mit einer außerordentlichen Menge von sehr schwer löslichem Zellstoff beladen, um mit der Nahrung so viel Stoffe einzuführen, wie zu einer regelmäßigen Blutbildung erforderlich sind. So schleppt man mit dem Körper ein ganz nutzloses Gewicht als Ballast herum, dessen Entleerung einen Aufwand von Bewegung erfordert, der ohne einen Verlust an Kraft für andere Verrichtungen nicht möglich ist. Gar nicht selten fehlt die Kraft, welche diese Ausleerung erheischt. Wir sehen bis-

weilen durch einseitige und kräftige Pflanzenkost, Brod, Hülsenfrüchte, Verstopfung entstehen. Ich habe schon oben mitgetheilt, daß umgekehrt ausschließliche Fleischnahrung Neigung zum Durchfall herbeiführen kann.

Aber neben dem rein naturwissenschaftlichen Standpunkt verdient die haushälterische Vergleichung von Thier- und Pflanzenkost eine ernste Berücksichtigung.

Wenn der Mensch ausschließlich von pflanzlichen Nahrungsmitteln lebt, verschwendet er nicht bloß Kraft, die dem eigenen Körper zu besseren Leistungen dienen könnte, er verschwendet auch am Beutel.

Jene große Kothmenge, welche Brod und Pflanzenkost überhaupt zurückläßt, enthält eine Menge eiweißartiger Stoffe, die, in Stärkmehl, Zellstoff oder andere nicht völlig zu bewältigende Stoffe eingehüllt, den Verdauungssäften unzugänglich blieben. Das Verhältniß ist beim Menschen von Fr. Hofmann, einem Schüler Voit's, auf die eingehendste Weise untersucht. Bei Pflanzenkost, wie oben bemerkt, aus Linsen, Brod, Kartoffeln und Bier bestehend, ward kaum die Hälfte der stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe verdaut, beinahe die Hälfte ging mit dem Koth davon. Als derselbe Mann, an dem diese Erfahrung gemacht wurde, in der Gestalt von Fleisch und Fett dieselbe Menge Stickstoff in seiner Nahrung erhielt, wurde beinahe die ganze Menge der eiweißartigen Nahrungsstoffe ver-

baut, d. h. in Blut verwandelt. Es wurde nämlich im zweiten Falle fast die ganze Stickstoffmenge der Nahrung im Harne wiedergefunden, nur wenig mehr als $\frac{1}{11}$ derselben im Kothe, während im ersteren Falle der Harn nicht ganz die Hälfte der zugeführten Stickstoffmenge enthielt.

Nun bestand allerdings in Hofmann's Versuch die Pflanzenkost zu 1000 Gramm aus Kartoffeln, nebst 207 Linsen und 40 Brod, und ohne Zweifel ließe sich die Pflanzennahrung in günstigerem Verhältniß wählen. Immer aber bliebe der Uebelstand bestehen, daß die pflanzliche Nahrung von den Verdauungssäften so viel unvollständiger ausgelaugt wird als die thierische, also eine ungeheure Verschwendung von nützlichen Stoffen begangen würde, wenn der Mensch sich zum Pflanzenfresser machen wollte, von nützlichen Stoffen, die nur auf dem längsten Umwege in den Strom unseres Bluts zurückkehren könnten.

Die Verschwendung träfe die Kraft, den Geldbeutel und die Zeit. Die Pflanzenfresser unter unseren Hausthieren verdauen so zu sagen Tag und Nacht, ihr Dünndarm ist eigentlich niemals leer, während dieser beim Fleischfresser, der für 24 Stunden hinlänglich gefüttert ward, schon nach 10 Stunden keinen Rückstand mehr enthält.

Während diese in der Nahrung selbst gelegenen Gründe der gemischten Kost für den Menschen das

Wort reden, lassen sich nicht minder wichtige aus dem Bau der Verdauungswerkzeuge ableiten. Schon die Zähne weisen darauf hin. Die Raubthiere sind durch ihre spitzen Zähne zum Zerreißen des Fleisches, die Wiederkäuer durch ihre sehr entwickelten, gefurchten Backenzähne zum Mahlen der Pflanzenkost befähigt. Die Zähne des Menschen stehen zwischen beiden; sie können Fleisch zerschneiden und Körner zermalmen. Ebenso ist der Unterkiefer des Menschen nach den Seiten minder beweglich, als bei Kühen und Schaafen, dagegen beweglicher als bei Löwen und Katzen.

Stärkmehl ist in sehr vielen pflanzlichen Nahrungsmitteln der wichtigste Nahrungsstoff. Die Umwandlung des Stärkmehls in Zucker und Fett wird vorzugsweise durch Speichel, Bauchspeichel und Darmsaft eingeleitet. Unsere Wiederkäuer und Pferde sind durch die Größe ihrer Speichel- und Bauchspeicheldrüsen bekannt, während die Fleischfresser verhältnißmäßig kleine Speicheldrüsen besitzen. Die Pflanzenfresser sind durch ihre großen Speicheldrüsen im Stande, Stärkmehl und sogar Zellstoff in großer Menge zu verdauen. Man kann Sägmehl, das beinahe nur Zellstoff als Fettbildner enthält, zum Mästen benützen, und die Wiederkäuer, die von Gras leben, sind beinahe ganz auf Zellstoff zur Fettbildung angewiesen. Beim Menschen sind die Speicheldrüsen groß genug, um stickstofflose Fettbildner

verdauen zu können. Wenn man aber den Menschen ausschließlich mit Brod und Kräutern ernährt, dann wird den Speicheldrüsen eine übermäßige Thätigkeit auferlegt.

Der Magen stellt beim Menschen einen quer in der Leibeshöhle gelegenen Schlauch dar, der mit einem großen Blindsack versehen ist. Dieser Blindsack ist bei Katzen und Hyänen wenig entwickelt. Bei den Wiederkäuern ist dagegen ein vierfacher Magen vorhanden. Während bei den blutsaugenden Fledermäusen der Darmkanal die Körperlänge nur um das Dreifache übertrifft, besitzt das Schaaf einen Darm, der achtundzwanzigmal so lang ist wie der Körper. Beim Menschen ist die Länge des Darmkanals die sechsfache der Körperhöhe.

Je länger aber der Darmkanal und je mehr der Magen entwickelt ist, desto länger wirken die Verdauungsflüssigkeiten auf die Nahrung ein. Wenn nun die Wiederkäuer in ihren langen, vielfach gewundenen Darmkanal eine beträchtliche Menge Bauchspeichel und Darmsaft ergießen, dann ist es nicht zu verwundern, daß sie Nahrungsstoffe auflösen können, welche beim Menschen für unverdaulich gelten. Die größere Länge des Darmkanals und der Blindsack des Magens befähigen dagegen den Menschen zu größeren Leistungen in der Blutbildung, als den Raubthieren möglich sind.

So finden wir denn die Mischung der Nahrungsmittel, den Bau der Verdauungswerkzeuge und die Rücksicht der Sparsamkeit gleich sehr im Einklang mit der am weitesten verbreiteten Sitte, die den Menschen zum gemischten Genuß von Fleisch und Brod, von Obst und Gemüsen führt. Die Vorschläge von Rousseau und Helvetius, gleichviel in welcher Form sie auftauchen, sind daher als Mißverständnisse der geeigneten Lebensbedingungen des Menschen oder als Aberglaube und Grille zu verwerfen.

Bis auf einen gewissen Grad kann die nachtheilige Wirkung einseitiger Nahrung durch die Lebensweise ausgeglichen werden. Jäger-Völker und Fleischkost vertragen sich mit einander, weil die Rührigkeit der Jagd das Athmen kräftigt und eine reichlichere Ausscheidung von Kohlensäure zur Folge hat. Die Stoffe, die aus dem Fleisch in die Gewebe übergehen, verdanken die größere Sauerstoffmenge, die sie erfordern, der Muskelanstrengung, welche die Jagd mit sich bringt. Ebenso wird die Verdauungsthätigkeit gekräftigt durch körperliche Arbeit in freier Luft. Darum kann sich der Tagelöhner sättigen mit Brod, mit Erbsen und Bohnen, ohne für die Ansprüche, die sein Beruf an ihn macht, nothwendiger Weise seinem Körper zu schaden.

Schwache Verdauungswerkzeuge und wenig Bewegung machen es dem Menschen unmöglich, von Pflan-

zenkost zu leben. Bejahrte Männer, deren Leben am Aktentisch verläuft, brauchen durchaus kräftige Fleischbrühen und häufig gebratenes Fleisch. Wildprett ist ihnen ganz besonders zuträglich. Sie müssen viel Nahrungsstoff in einem mäßig kleinen Umfang erhalten. Nicht bloß die Armen, auch die in den Staub der Amtsstuben gebannten Wächter des Staats müssen sich besser, zweckmäßiger nähren, wenn wir behaglichere Zustände gewinnen sollen.

Es ist seit längerer Zeit durch die Untersuchungen Vierordt's bekannt, daß man in kalter Luft durch die Lungen mehr Kohlensäure ausathmet, als in warmer, also im Winter und im Norden mehr als in der Schwüle des Sommers.

Sofern diese Zunahme der Kohlensäure-Ausscheidung, die, weil sie andauert, mit einer vermehrten Bildung von Kohlensäure verbunden sein muß, von der Wirkung des eingeathmeten Sauerstoffs abhängt, könnte sie entweder dadurch bedingt sein, daß der Sauerstoff in der Kälte wirksamer, oder aber daß er in größerer Menge eingeathmet würde.

Die Vermuthung, daß im Winter ein kräftiger wirkender Sauerstoff in die Lungen dringe, hatte einen Anhaltspunkt in Schönbein's Beobachtung, nach welcher die Luft im Winter mehr verdichteten Sauer-

*) Ozon.

stoff *) enthalten soll als im Sommer. Es ist bekannt, daß dieser verdichtete Sauerstoff Verbrennungsvorgänge vollzieht, die der gewöhnliche nicht in Gang zu bringen vermag. Aber die bisher angestellten Versuche, um zu ermitteln, ob verdichteter Sauerstoff die Menge der von Thieren ausgehauchten Kohlensäure vermehrt, haben eine verneinende Antwort ergeben. Unabhängig von einander haben Untersuchungen von Häcker im Jahre 1864, sowie nicht weiter veröffentlichte Versuche von mir und Moriggia zwei Jahre später dargethan, daß bei Säugethieren und Vögeln die Zumischung von verdichtetem Sauerstoff zur eingeathmeten Luft die Kohlensäure-Entwicklung nicht steigert. Ich habe mit Moriggia bei der Einwirkung einer kleinen Menge verdichteten Sauerstoffs keinerlei Veränderung in der Menge ausgehauchter Kohlensäure beobachtet. Als die zugeführte Luft mit mehr verdichtetem Sauerstoff geschwängert war, stieg die entwickelte Kohlensäure in dem Verhältniß von 100 : 104, allein wir beobachteten dabei, wie vor uns Schönbein, Schwarzenbach, Scoutetten und Häcker, so erhebliche Athembeschwerden, Entzündung der Luftröhrenäste und des Lungengewebes, daß dadurch das Leben der Thiere gefährdet und öfters beendet wurde. Man ist nach dem Ergebniß dieser Versuche nicht berechtigt, das Maaß der Ausathmung von Kohlensäure in den verschiedenen

Jahreszeiten durch den wechselnden Gehalt der Luft an verdichtetem Sauerstoff zu erklären.

Dazu kommt noch, daß es keineswegs allgemein feststeht, daß die Luft im Winter reicher an verdichtetem Sauerstoff ist als im Sommer. Houzeau fand in Rouen das Gegentheil. Die Luft enthielt dort am wenigsten verdichteten Sauerstoff im Winter, insbesondere in den Monaten Dezember und Januar, am meisten im Frühling, im Mai und Juni, dann folgten Sommer und Herbst.

Wenn wir aber nicht berechtigt sind, die vermehrte Ausscheidung der Kohlensäure von einem anders beschaffenen Sauerstoff herzuleiten, den wir mit der Winterluft in größerer Menge einathmen sollten, so werden wir auf die andere Frage hingewiesen, ob wir im Winter überhaupt den Lungen mehr Luft und mit ihr mehr Sauerstoff zuführen als im Sommer.

Man hat wohl vorübergehend geglaubt, den Schlüssel der Erscheinung darin zu finden, daß im Winter die kalte, verdichtete Luft in gleichem Raum ein größeres Gewicht an Sauerstoff enthielte, als im Sommer. Donders hat schon mit Recht dagegen bemerkt, daß die eingeathmete Luft zu rasch erwärmt wird, um annehmen zu können, daß aus dem angeführten Grunde im Winter eine größere Sauerstoffmenge in die Lungenbläschen eindringt, als im Sommer. Und dennoch

ist dies unzweifelhaft der Fall, nur ist die Erklärung eine andere. Der Grund liegt nicht in dem verschiedenen Verhalten der Luft, sondern in einer wechselvollen Thätigkeit des Organismus.

Die höheren Wirbelthiere, die hauptsächlich durch Lungen und nur zu einem kleinen Theil durch die Haut athmen, sind mit der Fähigkeit begabt, die Luftzufuhr zu den Lungen je nach dem Bedürfniß ihres Körpers zu regeln. Sie können auf doppelte Weise die Lüftung ihrer Lungen abändern, indem jeder Athemzug tief oder flach, und die Zahl der Athemzüge in der Zeiteinheit groß oder klein sein kann. Da wir nun, wie Vierordt gezeigt hat, bei zunehmender Kälte so wohl häufiger als tiefer athmen, so ist die nothwendige Folge, daß die Lüftung der Lungen im Winter reichlicher ist als im Sommer. Es wird mehr Luft eingeathmet und mehr ausgeathmet, und da noch überdies nach Vierordt's entscheidenden Versuchen die ausgeathmete Luft in gleicher Menge mehr Kohlensäure enthält, so folgt natürlich, daß wir in kalter Luft im Ganzen nicht nur mehr Sauerstoff aufnehmen, sondern auch mehr Kohlensäure ausscheiden als in warmer.

Wie der Mensch verhalten sich nach Letellier's Versuchen auch die Säugethiere und Vögel, und Letellier's Befund ward für die Vögel von Lehmann bestätigt. Vögel und Säugethiere athmen in der Kälte

mehr Kohlensäure aus als in der Wärme. Colasanti hat unter Pflüger's Leitung die wichtige Thatsache hinzugefügt, daß Meerschweinchen bei abnehmender Wärme nicht nur mehr Kohlensäure ausscheiden, sondern auch mehr Sauerstoff verzehren.*)

Daß aber der Grund dieses Einflusses der Wärme in dem durch diese bedingten Maaße der Lüftung der Lungen zu suchen ist, geht daraus hervor, daß für diejenigen Wirbelthiere, bei welchen die Hautathmung im Vergleich zur Lungenathmung in den Vordergrund tritt, das Verhältniß sich umkehrt. Ich habe vor beinahe zwanzig Jahren durch Versuche, bei denen mir G. Meier und J. Neukomm behülflich waren, gefunden, daß Frösche in der Wärme mehr Kohlensäure ausscheiden als in der Kälte, und zwar bewegten sich die Wärmeunterschiede, bei denen ich dies beobachtete, zwischen — 4° und + 33°, das heißt zwischen denselben Grenzen wie bei Letellier's Versuchen an Säugethieren und Vögeln. Das von mir gefundene Verhalten ist durch sehr genaue Versuche von Hugo Schulz in Bonn bekräftigt und dahin erweitert worden, daß für den Frosch mit der Wärme nicht nur die Kohlensäure-Ausscheidung, sondern auch

*) Giuseppe Colasanti, über den Einfluß der umgebenden Temperatur auf den Stoffwechsel der Warmblüter, in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. XIV, S. 106—124 (1876.)

der Sauerstoffverbrauch sich steigert, mithin der ganze Stoffwechsel eine Beschleunigung erfährt.*)

Während nun aber die Menge der Kohlensäure, die durch die Haut entweicht, beim Menschen nach Scharling nur $\frac{1}{27}$, bei Vögeln und Säugethieren nach Regnault und Reiset nur selten $\frac{1}{30}$ beträgt von derjenigen, die durch die Lungen ausgeathmet wird, fand Fubini für Frösche umgekehrt, daß sie durch die Haut wenigstens zehnmal so viel Kohlensäure ausathmen wie durch die Lungen. Und wenn man beim Menschen die Hautathmung allein in ihrer Abhängigkeit von der Luftwärme untersucht, dann findet man, daß im Gegensatz zur Kohlensäure, die durch die Lungen abgegeben wird, die von der Haut gelieferte mit der Wärme steigt. Fubini und Ronchi haben mit einer langen Versuchsreihe dargethan, daß die von der menschlichen Haut unter gleichen Umständen ausgeschiedene Kohlensäure bei einer Zunahme der Luftwärme von 16° — 20° auf 24° — 30° um mehr als 2½ mal sich vergrößert.

Es ist also der lebhafter als die Hautathmung von Statten gehenden Lungenathmung zuzuschreiben, daß der Mensch, indem er die Lungen bei niederen Wärmegraden stärker lüftet, im Winter und im Nor-

*) Pflüger's Archiv, Bd. XIV, S. 90, 91 (1876.)

den mehr Kohlensäure ausathmet als im Sommer und im Süden.

Daher verträgt man im Norden Fleisch und Fett und Thran in solcher Menge, wie sie innerhalb der Wendekreise nicht genossen werden können ohne Krankheiten zu erzeugen. Die Bewohner heißer Himmelsgegenden können reichliche Fleischmahle nicht verathmen.

Im Norden wird der Vortheil, den der Genuß von Fett und Fleisch dem Körper bringt, durch Branntwein und ähnliche Getränke auf zweckmäßige Weise ergänzt. Allerdings wird beim Genuß von geistigen Getränken nach Vierordt's schönen Untersuchungen die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure verringert, und ein Theil der ausgehauchten Kohlensäure stammt in diesem Fall vom Weingeist des Weines oder Branntweins. Während dem Fleisch und den Gewebebildnern, die es lieferte, um zu verbrennen, mehr Sauerstoff zugeführt werden müßte, wird gerade umgekehrt durch den Genuß von Branntwein noch ein Theil des eingeathmeten Sauerstoffs dem Fett und Eiweiß des Körpers entzogen. Aber gerade dadurch erweist sich Branntwein bei Fleischkost im Norden nützlich. Durch die Verbrennung des Weingeistes wird nämlich Eigenwärme entwickelt und hierfür ein entsprechender Theil Fett gespart, das als schlechter Wärmeleiter, wenn es unter der Haut angesammelt ist, den Körper vor der

Kälte schützt. Im Süden dagegen wird der Nachtheil einer zu üppigen Ernährung mit Fleisch durch gleichzeitige Anwendung geistiger Getränke noch gesteigert. Die Gewebe und das Blut werden auf krankhafte Weise mit Fett geschwängert, weil der in's Blut übergehende Alkohol der Einwirkung des Sauerstoffs auf das Fett ein Hinderniß entgegensetzt. Wenn ein Chinese auf Java auch nur in mäßiger Menge, wie der Samojede, Talglichter und Branntwein verzehren wollte, dann würde er unfehlbar zu Grunde gehen.

Wenn es dem Arbeiter an kräftiger Nahrung gebricht, so hilft er sich, indem er sein Blut, als den Erhalter der Gewebe, durch Branntwein unterstützt. Dadurch spart er Fett und Eiweiß, statt mehr auszugeben. Ich wiederhole es, sowohl durch Scharling's, wie durch Vierordt's Versuche ist es erwiesen, daß der Genuß geistiger Getränke die Menge der Kohlensäure, die der Mensch in einer gegebenen Zeit ausathmet, vermindert. Dazu kommt, daß nach Böcker, Hammond, Smith und Marvaud durch die Aufnahme von Alkohol auch eine verminderte Ausscheidung von Harnstoff stattfindet, die sich nach Marvaud auch auf die Harnsäure erstreckt, während für eine möglichst gleiche Ernährung und Lebensweise an den Tagen mit, wie an denen ohne

Alkoholverbrauch gesorgt wurde.*) Als Marvaud unter Berücksichtigung dieser Vorsichtsmaaßregeln etwa 100 Gramm Cognac im Tage zu sich nahm, schied er an vier Versuchstagen mit Alkohol in 24 Stunden durchschnittlich über $\frac{1}{6}$ Harnstoff und beinahe die Hälfte Harnsäure weniger aus als an den Vergleichstagen, an welchen er keinen Cognac trank. Wir hätten noch eine weitere Bestätigung für die durch Alkoholzufuhr bedingte Abnahme der mit dem Harn in 24 Stunden ausgeschiedenen stickstoffhaltigen Körper in Versuchen von Peter Albertoni und Felix Lussana, deren vierundzwanzigstündiger Harn im Durchschnitt von vier Tagen, an welchen je 75 Gramm Alkohol aufgenommen wurden, 15,151 Stickstoff in seinen organischen Bestandtheilen enthielt, dagegen 16,626 im Mittel von drei Vergleichstagen ohne Alkohol.**) Da jedoch Albertoni und Lussana über die Regelung ihres Kostmaaßes nichts berichten, während aus den Zahlen, die sie für den ausgeschiedenen Stickstoff erhielten, hervorgeht, daß ihre Eiweißzufuhr eine sehr beschränkte war, so würden ihre Versuche für sich nicht ausreichen, um die Verminderung der mit dem

*) Marvaud; l'alcool, son action physiologique, son utilité et ses applications en hygiène et en therapeutique. Paris 1872, S. 68, 69.

**) Pietro Albertoni e Felice Lussana, sull' alcool, sull' aldeide e sugli eteri vinici in der Zeitschrift: Lo Sperimentale, 1874, S. 91, 92 des besonderen Abdrucks.

Harn ausgeschiedenen stickstoffhaltigen Bestandtheile von der Aufnahme des Alkohols herzuleiten. Nehmen wir an, daß die eiweißartigen Körper ihrer Kost durch einander 16,5 Hundertstel Stickstoff enthielten, so nahmen sie im besten Fall 100 Gramm Eiweiß in 24 Stunden zu sich, während das mittlere Kostmaaß eines arbeitenden jungen Mannes deren 130 erfordert. Albertoni und Lussana brauchten an ihren Alkoholtagen nur 10 Gramm Eiweiß weniger zu verzehren, um den Ausfall an stickstoffhaltigen Bestandtheilen im Harn ganz unabhängig von dem Alkoholgenuß erscheinen zu lassen. Und da sie überhaupt so mäßig waren, wie leicht konnte es sich da zutragen, daß sie sich an den Tagen ohne Alkohol nicht mit 90 Gramm eiweißartiger Nahrungsstoffe begnügten, und sich deren 100 gestatteten.

Trotz alledem liegt in den vorerwähnten Versuchen zusammengenommen eine hinreichende Gewähr vor, daß wenn die übrigen Lebensverhältnisse und vorzugsweise die Nahrungsstoffe an Art und Menge dieselben bleiben, der Alkohol den Stoffwechsel mäßigt. Er vermindert die Ausfuhr der wichtigsten Auswurfsstoffe, der Kohlensäure, des Harnstoffs und der Harnsäure.

Es ist wiederum der Gesammtausdruck dieses Thatbestandes, daß die Blutwärme durch Aufnahme von Alkohol herabgedrückt wird. H. Nasse (1846), Du-

méril und Demarquay (1848), John Davy (1850), Lichtenfels und Fröhlich hatten die Thatsache beobachtet, sie ist seitdem von zahlreichen Forschern bestätigt worden, allein es ist das Verdienst von Binz, sie, auf eigene und seiner Schüler Untersuchungen gestützt, derart verfochten zu haben, daß sie nunmehr das Allgemeingut der Aerzte geworden ist. Mag die Abnahme der Blutwärme beim Gesunden in Folge mäßiger Alkoholgaben auch nur einige Zehntel Grad betragen, bei Kranken ist sie viel größer, so daß der Alkohol als fiebermäßigendes Mittel von nun an neben dem kalten Wasser seinen Platz behaupten wird.

Dies scheint nur deshalb dem Unerfahrenen so wunderlich, weil es unserem tagtäglichen Erfahrungsbewußtsein von der Steigerung unserer Hautwärme durch geistige Getränke zuwiderläuft. Aber diese beiden Erfahrungen schließen einander nicht aus, ja sie sind einander so wenig entgegengesetzt, daß vielmehr die eine die andere erklärt. So wie im Frost des Wechselfiebers während wir selbst und Andere, mit dem Wärmemesser übereinstimmend, die Oberfläche unseres Körpers kalt fühlen, die Blutwärme bereits erhöht ist, so ist umgekehrt nach dem Genuß von Alkohol oder starken Weinen zu einer Zeit, in der die Wangen glühen und die Hände erwärmt sind, die Blutwärme gemäßigt.

Lichtenfels und Fröhlich, Marvaud und Andere haben gefunden, daß kürzere oder längere Zeit nach Darreichung von Alkohol das Herz häufiger schlägt. Diese Wirkung erfolgte bei Lichtenfels und Fröhlich nicht sogleich, sondern erst 30 Minuten nach der Aufnahme des geistigen Getränkes, und der erste Erfolg war ein Seltnerwerden des Pulses, das sich auch bei den Versuchen von Albertoni und dem jüngeren Lussana mehrfach geltend machte.*) Ist aber erst der Herzschlag häufiger geworden, und manchmal schon früher, dann findet man ihn auch kräftiger, und Albertoni und Lussana ermittelten an Thieren, daß zu dieser Zeit der Blutdruck erhöht ist. Da nun zugleich beim Menschen die Blutgefäße der Haut eine Erweiterung erleiden, so hat hier das stärker und häufiger schlagende Herz einen geringeren Widerstand zu überwinden. Es strömt also mehr warmes Blut durch die Haut. Die Haut wird wärmer, sie giebt an die kältere Umgebung eine größere Wärmemenge ab, das Blut kehrt abgekühlt von der Haut zu den inneren Theilen zurück. Und die Arzneikunde feiert den Triumph, daß sie dem fleißigen Gebrauch des zuerst von de Haen im dritten Viertel des vorigen Jahrhunderts am Krankenbett verwendeten Wärme-

*) Siehe bei Albertoni und Lussana a. a. O. Tafel II, 7 und 8, sowie Tafel III, 1 und 2.

messers ein Mittel abgewonnen hat, mit dem sie das Fieber dämpft und dennoch die Kraft des Herzens anregt.

Es läßt sich also nicht mehr verkennen, daß der Alkohol die Ausgaben des Körpers mäßigt, die Gewebe spart. Da er aber die Stoffe, welche den arbeitenden Geweben verloren gehen, nicht ersetzt, so würde die Ersparniß ohne Zufuhr geeigneter Nahrungsstoffe auf die Dauer nur auf Kosten der Kraft erzielt werden, und zuletzt auch auf Kosten des Beutels. Der Weingeist ist ein Sparmittel der Gewebe, aber besser als Gewebe sparen ist es für ihren Umsatz und für Kraftäußerung sorgen, indem man sie erneuert. Wenn das der Einzelne immer könnte, er würde gewiß zum Fleisch greifen und nicht zur Flasche.

Und dennoch nennt man mit Recht den Wein die Milch der Greise. Der Stoffwechsel ist beim Greise ausgezeichnet durch ein Mißverhältniß zwischen Ausgaben und Einnahmen. Während Athmung, Rückbildung und Ausscheidung, wenngleich geschwächt, fortdauern, leiden Verdauung, Blutbildung und Ernährung ungleich mehr. Für den Greis ist es eine Lebensfrage, Stoff und Kraft zu sparen, weil die Erneuerung des Körpers nicht mehr im Gleichgewicht ist mit den Vorgängen des Zerfallens. Aber Wein mäßigt die Ausgaben, vermindert die Ausscheidung von Kohlensäure und

Harnstoff. Ein guter, alter Wein, in mäßiger Menge genossen, vermehrt außerdem den Magensaft, diejenige Flüssigkeit, welche vor allen die Verdauung der Eiweißstoffe bewirkt. Hufeland rühmt ein Glas guten Malagaweins als ein vortreffliches Mittel, um den Schlaf bei alten Leuten zu befördern. Nennt man denn nicht mit Recht den Wein die Milch der Greise, da er ihre Verdauung und ihren Schlaf, also die Bildung von Blut und Geweben befördert, während er zugleich unmittelbar, indem er das Athmen mäßigt, die Stoffe des Körpers spart?

Für Armenhäuser, in welchen Hochbejahrte verpflegt werden, ist ein guter, alter Wein ein durchaus ebenso unerläßliches Bedürfniß, wie in den Findelhäusern gute Milch.

Viel weniger deutlich, als beim Wein, läßt sich im Einzelnen die Wichtigkeit von Thee und Kaffee für den Körper des Menschen erweisen. Prout und Smith haben zwar gefunden, daß starker Thee die Menge der Kohlensäure, die wir ausathmen, vermindert; aber Hoppe-Seyler konnte die Angaben von Julius Lehmann und Böcker, daß der Theestoff die Ausscheidung des Harnstoffs vermindere, nicht bestätigen, während C. G. Lehmann und Frerichs nach der Aufnahme von Theestoff sogar vermehrte Harnstoffausscheidung beobachtet haben.*) Auch der Genuß

*) Vgl. Peretti, Beitrage zur Toxikologie des Kaffein, Bonn 1875, S. 8.

von Kaffee hat in Voit's Versuchen die Ausscheidung des Harnstoffs nicht herabgedrückt.

Liebig's Vergleich von Kaffee und Thee mit der Fleischbrühe entbehrt jeglichen Grundes, in den Augen des Chemikers ebensowohl, wie in denen des Physiologen. Die Aehnlichkeit jener Getränke gründet sich nach Liebig auf den geringen Unterschied in der Zusammensetzung zwischen der Fleischbasis und dem Theestoff. Allein diese Aehnlichkeit ist rein äußerlich. Die Aehnlichkeit zwischen Ameisensäure und Buttersäure ist weit größer, und doch bringt Ameisensäure dem Körper nicht den allermindesten Nutzen. Und selbst wenn es möglich wäre, durch verhältnißmäßig schwache Eingriffe den Theestoff in die Fleischbasis zu verwandeln, dann noch würde der Physiologe daraus für den Thee keine Bedeutung ableiten können, weil die Fleischbasis den Stoffen der Rückbildung angehört und entweder rasch in Harnstoff und andere Stoffe zerfällt, oder selbst mit dem Harn als Schlacke aus dem Körper entfernt wird. Thee und Kaffee sind durchaus nicht als nahrhaft zu bezeichnen.

Allein der Wichtigkeit von Thee und Kaffee kann es keinen Abbruch thun, daß sie nicht im eigentlichen Sinne als Nahrungsmittel zu betrachten sind. Ueber den Werth von Kaffee und Thee hat das Leben gerichtet.

Es ist so oft wiederholt worden, daß Kaffee und Thee als wesentlichsten Bestandtheil einen und denselben Körper enthalten, daß der Theestoff*) in jeder Beziehung mit dem Kaffeestoff**) übereinstimmt, daß man diese Thatsache als jedem Laien bekannt voraussetzen darf. Wie nun, wenn die Bewohner Brasiliens und Paraguays den Maté oder Paraguaythee nicht entbehren können und eben dieser Paraguaythee nach Stenhouse wiederum Theestoff enthält?

Fürwahr, um die Fleischbasis in den Körper zu bringen, bedürfen wir des Theestoffs nicht, von dem es nicht einmal wahrscheinlich gemacht ist, daß er sich in die Fleischbasis verwandeln könne. Jeder, der es versucht hat, weiß auch, daß die Wirkungen von Thee und Kaffee selbst durch die kräftigste Fleischbrühe nicht zu ersetzen sind.

Auf die Hirnthätigkeit üben Thee und Kaffee eine unverkennbare Wirkung. Wie dieser Einfluß zu Stande kommt, das heißt, welche stoffliche Veränderung Kaffee und Thee im Gehirn hervorrufen, ist bisher nicht bekannt. Nur das ist offenbar, daß das wahlverwandtschaftliche Bedürfniß der Menschheit nach Kaffee und Thee um so unabweisbarer und allgemeiner geworden ist, je größer die geistigen Anforderungen wurden,

*) Thein.
**) Caffein.

welche die Entwicklung der Zeit an das ganze Geschlecht zu stellen hat. Will man diese Wahlverwandtschaft als Instinkt bezeichnen, so wird damit ganz richtig ausgedrückt, daß sich der Einzelne ihrer Gründe nicht bewußt ist. Allein ich glaube nicht, daß Donders die Macht des Bedürfnisses in der That verkleinert hat, indem er zu beweisen versuchte, daß der Instinkt, der zum Genuß von Kochsalz und von reizenden Getränken treibt, nicht angeboren, sondern erworben sei. Auch der Instinkt des Menschen ist eine ewig im Werden begriffene Größe, die aber in jedem einzelnen Augenblick der Geschichte die ganze Geltung hat, welche sie der Tragweite ihrer Ursachen verdankt. Deshalb beherrscht uns der erworbene Instinkt mit derselben Gewalt, die wir dem angeborenen zugestehen. Der Instinkt verewigt sich, wenn es dem denkenden Forscher gelingt, ihn auf vernünftige Gründe zurückzuführen; er wird allmälig überwunden, wenn man beweisen kann, daß er aus einer unvernünftigen Gewohnheit abgeleitet werden muß. Ob er angeboren ist oder erworben, ist für die Lebensfragen, deren Beantwortung uns hier beschäftigt, von gar keiner Bedeutung, da der erworbene Instinkt beweist, daß auch der angeborene abgelegt werden kann, während die Macht der Bildung dem erworbenen Instinkt das Siegel der Herrschaft verleihen kann.

Die sittliche und geistige Thätigkeit des Menschengeschlechts sind in stetem Wachsen begriffen. Zur Ernährung bedurfte es des Thees und Kaffees nicht. Es muß sogar mit Nachdruck wiederholt werden, daß beide Getränke nur eine ganz unerhebliche Menge Nahrungsstoff enthalten. Und doch ist in Deutschland dem Armen Kaffee Bedürfniß wie dem Reichen, und vor dem 17. Jahrhundert kannte ihn der Reiche als regelmäßiges Bedürfniß so wenig wie der Arme. Nun ist es leicht zu sagen: kaufe dir statt Kaffee Fleisch. Wir reiben uns an einander sittlich und geistig. Es wird durch Vermittlung des Kaffees so gut wie durch Dampfschiffe und elektrische Telegraphen eine Reihe von Gedanken in Umlauf gesetzt, es entsteht eine Strömung von Ideen, Einfällen und Unternehmungen, die Alle mit sich fortreißt. Wer ist als Individuum stark genug, vielleicht dürfte ich fragen: wer ist als Individuum berechtigt, sich den Reizmitteln zu entziehen, die jene Flut zum Treiben brachten? Wer soll nüchtern und unversehrt dastehen in der Zeit, die das Einzelwesen aufreibt, um die Masse zu entwickeln? Laßt uns nicht klagen über nervöses Zeitalter, über die zu große Reizbarkeit der Menschen. Suchen wir sie zu begreifen und ihrer Herr zu werden, wie wir können.

In manchen Fällen bezieht sich freilich jene innere Wahlverwandtschaft, welche den Menschen mit Natur-

erzeugnissen verknüpft, auf entbehrliche Genüsse. Aber um so merkwürdiger bleibt es, daß auch hier eine Gesetzmäßigkeit der stofflichen Verhältnisse waltet, die in gar vielen Fällen die Menschen unbewußt an den verschiedensten Orten und unter den mannigfaltigsten Formen das Gleiche finden und festhalten ließ. Wer hätte es vor einigen Jahren geahnt, daß derselbe Stoff*), der unsere Geruchsnerven ergötzt, wenn wir eine frisch gemähte Wiese beschreiten, von den Freunden des Schnupftabaks in den Tonkabohnen verehrt wird, daß derselbe Stoff den Bewohnern der Insel St. Mauritius den Thee von Bourbon, den sogenannten Faham, beliebt macht, und wiederum derselbe im Wonnemonat unseren Rheinwein würzt, der Roquette zu seinem allerliebsten Mährchen von des „Waldmeisters Brautfahrt" begeisterte? Hat doch Bleibtreu mit Waldmeisterstoff ohne Waldmeister für sachkundige Lehrer der Bonner Hochschule einen mundgerechten Maiwein gebraut.

Es ist eine sehr bekannte Erfahrung, daß keine Thätigkeit beim Menschen durch geistige Anstrengung leichter Schaden nimmt, als die Verdauung. Ich habe bei einer früheren Gelegenheit über die Häufigkeit einer mangelhaften Blutbildung geklagt, welche sich namentlich durch einen zu geringen Gehalt an Farb-

*) Cumarin.

stoff und Eisen verräth. Wenn man diese Thatsache gehörig erwägt, dann werden uns Quellen einer inneren, einer stofflichen Verarmung des Menschenleibes aufgedeckt, die viel schwerer versiegen werden als die Armuth gewisser Volksschichten, die ihr Heil von der Weisheit der Zukunft erwarten.

Weil aber Verdauung und Blutbildung zunächst abhängen von der Menge der Verdauungsflüssigkeiten, die sich in Magen und Darm ergießen, so müssen alle Speisezusätze, welche die Menge des Speichels oder des Magensafts vermehren, die Verdauung befördern. Insofern und im Hinblick auf den vorhin bezeichneten Zustand eines großen Theils des Menschengeschlechts ist es aller Beachtung werth, daß der Gebrauch gewisser Würzen mit der geistigen Bildung zunimmt. Es liegt eine eigenthümliche Befriedigung in dem Gedanken, dem man in vielen andern Formen wieder begegnet, daß außerordentlich oft die Mittel, sich Gegenstände des Wohllebens zu verschaffen, mit inneren Bedürfnissen in einem tief begründeten Einklang stehen. Man lernt selbst den herrschsüchtig scheinenden Kitzel des Gaumens achten, indem man das Auge öffnet für die Naturnothwendigkeit seiner Entstehung.

Die Bedeutung des Kochsalzes für die Verdauung ist schon früher in diesem Abschnitt gewürdigt worden.

Zucker, Pfeffer und Senf, Käse und Zimmt vermehren gleichfalls die Menge des Magensafts und befördern also die Blutbildung.

Freilich wird jede Regel der Art verderblich, wenn man ihre Anwendung übertreibt. Das Maaß wird aber durch die Umstände bedingt. Die große Menge von Pfeffer und anderen erhitzenden Gewürzen, welche in Indien schwachen Verdauungswerkzeugen aufhilft, würde in unserm Himmelsstrich starke verderben. Und während der Greis seinen geschwächten Magen aus guten Gründen reizt durch mäßigen Genuß von Gewürzen, raubt sich der kräftige Jüngling den Trost seines Alters, wenn er dieselben von vornherein mißbraucht.

Aus dem würzigen Duft des Kaffees schöpft oft der Magen sein Labsal; denn auch durch Kaffee wird die Menge des Magensafts vermehrt. Ueberdies befördert Kaffee die Bewegungen des Darms, während starker Thee das Gegentheil bewirkt. Wenn Liebig aus der Wirkung jener Getränke auf schwache Verdauungswerkzeuge das Umgekehrte ableitet und zwar mit der allgemeinen Bemerkung, daß starke Verdauungswerkzeuge „für dergleichen Wirkungen keine Reagentien sind", so gründet er die Regel auf die Ausnahme.

Durch Kaffee und Thee, durch Wein und Gewürze, durch die Gelüste und Neigungen des Menschen,

überall spricht sich das Bestreben aus, die Thätigkeit des Hirns zu steigern, eine Steigerung, die freilich oft in Betäubung übergeht. Wenn uns Wein, wenn dem Schiffer Branntwein diese Wirkung thut, so leisten dem Perser das Opium, dem Araber seine Hanfkerzchen, mag er sie essen oder rauchen, dem Bewohner der Südseeinseln sein Rauschpfeffer das Gleiche, und leider in der Regel noch mehr. Kamtschadalen und Tungusen betäuben sich mit ihrem Fliegenschwamm. Und die Diener verschmähen es nicht, den Harn ihrer Herren zu trinken, um dieselbe Wirkung zu erleiden.

Wenn aber Würzen die Verdauung, wenn Rüben, Rettig, Lauch und Vanille den heftigsten aller sinnlichen Triebe anregen, wenn Wein und Thee und Kaffee die Stimmung des Hirns beherrschen, dann ist wohl die Ueberschrift dieses Abschnitts berechtigt. Und wenn der Stoff den Menschen regiert, dann ist die Erkenntniß unserer stofflichen Verhältnisse eine Aufgabe, deren Lösung uns nicht dringend genug beschäftigen kann. Darum führt die Chemie in diesem Augenblick ihr Scepter über alle anderen Naturwissenschaften. Die Lehre vom Leben hat es mit nichts Anderem zu thun, als mit der Chemie und Physik des lebendigen Leibes.

Inhaltsverzeichniß.

Seite.

I. Offenbarung und Naturgesetz 1
II. Erkenntnißquellen des Menschen 9
III. Unsterblichkeit des Stoffs 27
IV. Das Wachsthum von Pflanzen und Thieren . . . 36
V. Die Erde als Werkzeug der Schöpfung von Pflanzen und Thieren 48
VI. Kreislauf des Stoffs 64
VII. Die Pflanze und der Boden 81
VIII. Pflanzen und Thiere 97
IX. Ernährung und Athmung 115
X. Entwicklung der Nahrung im Thierkörper 142
XI. Asche der Thiere und Menschen 168
XII. Bildung und Rückbildung im Thiere 203
XIII. Rückbildung in der Pflanze 260
XIV. Die Wärme von Pflanzen und Thieren 298
XV. Die allmähliche Entwicklung des Stoffs 371
XVI. Der Stoff regiert den Menschen 426

QH
306
M65
1875
Bd.1

Moleschott, Jacob
Der Kreislauf des Lebens

BioMed

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY